140(p+3)

140(p

Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer

CHARLOTTENLUND SLOT – DANEMARK

LIBRARY
JUL 2 1965
FISH & WILDLIFE SERVICE

RAPPORTS
ET
PROCÈS-VERBAUX DES RÉUNIONS

Volume 140

Part III

CONTRIBUTIONS
TO
SPECIAL SCIENTIFIC MEETINGS
1954

Oyster and Mussel Culture

En Commission chez
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

Prix: Kr. 17.00

Janvier 1956

Conseil Permanent International pour
l'Exploration de la Mer
CHARLOTTENLUND SLOT — DANEMARK

RAPPORTS
ET
PROCÈS-VERBAUX DES RÉUNIONS

Volume 140

Part III

OYSTER AND MUSSEL CULTURE

En Commission chez
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

Prix: Kr. 17.00

Janvier 1956

IMPRIMERIE BIANCO LUNO A-S
COPENHAGUE V

Table of Contents.

Preface, by B. Havinga 5

1. L'Oeuvre de Jean Coste et le Développement de l'Ostréiculture, par Maurice Boury 7
2. Observations on the Oyster (*Ostrea edulis*) Breeding Experiments at Conway, 1939—1953, by P. R. Walne 10
3. Étude sur la Reproduction de l'Huître Plate *Ostrea edulis* dans les Claires de la Région Marennes-Oléron, par P. Trochon 14
4. Expériences Préalables sur la Fixation des Larves et la Croissance Hivernale des Jeunes Huîtres (*O. edulis*) des Rias Galiciennes, par B. Andreu et P. Arté 17
5. Utilisation en Morbihan du Collecteur-Carton en vue du Captage du Naissain (*O. edulis*), par M. Thiéblemont 23
6. Progress in Oyster Research in Britain 1949—1954, with Special Reference to the Control of Pests and Diseases, by H. A. Cole and D. A. Hancock 24
7. Oyster Culture and Biological Production, by P. Korringa 30
8. État de Maturation Sexuelle des Huîtres du Tage, *Gryphaea angulata* Lmk., par H. Vilela 32
9. Average Seasonal Variation of Chemical Constituents of the Mussel (*M. edulis*), by F. Fraga 35
10. Chemical Content of Scallops (*Pecten jacobeus*), by M. Lopez-Benito 36
11. The Chemical Composition and Nutritional Value of Portuguese Oyster, by M. E. da Silva Graca, R. Carvalho Almeida, and M. R. Melo Costa 38
12. Observations sur le Frai de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* (Lmk.), Dates Précises de Frai et Facteurs Provoquant l'Emission de Produits Génitaux, par H. Bouxin 43
13. Mussel Culture in the German Waddensea, by P. F. Meyer-Waarden 47
14. Mussel Culture in the Dutch Waddensea, by B. Havinga 49
15. Croissance des Moules du Boulonnais, par H. Brienne 53
16. German Investigations with Respect to *Mytilicola intestinalis* in *Mytilus edulis* in 1953, by P. F. Meyer-Waarden and H. Mann 54
17. The Influence of *Mytilicola intestinalis* (Copepoda parasitica) on the Development of the Gonads of *Mytilus edulis*, by Hans Mann 57

List of References 59

Preface.

THE Special Scientific Meeting on Oyster and Mussel Culture in 1954 coincided with the commemoration of the centenary of the start of oyster culture in France. The change from a free fishery into a well organized industry is radical.

Culture of molluscs and sea farming in general is the equivalent of culture on the solid soil, it has the same effect as it increases considerably the production of a certain area as compared with the harvest of predating and collecting man.

In this respect a marine culture and fishing have opposite effects. Exploitation of a stock by the normal predative activity of fishing always involves a rise of mortality whereas it does not provide for a compensating rise of reproduction and recruitment. The marine farmer, however, cares for a recruitment that compensates and often even over-compensates the losses caused by the taking of the crop.

There is perhaps no species that is more liable to become overfished than the oyster. The great majority of all natural banks, especially those towards the northern limit of the species, has been depleted or completely destroyed, but the methods of sea farming have succeeded in restoring many of these banks and in creating new ones, and thanks to these methods the total yield is many times higher than could be obtained in the classic predatory fishing.

Although the oyster is regarded in some countries as being chiefly an article of luxury, mussel culture on the contrary can provide a substantial increase in the production of human food of great value because it is rich in proteins.

In many regions the sea farmer can get an abundant supply of "mussel seed" and as the mussel turns the phytoplankton carried over them by the tidal currents directly into animal substance, the production of food per unit of surface can be very high.

Mussel culture has at least in some regions given a solution to the important problem how to turn the immense wealth of phytoplankton directly into human food.

Culture of mussels, and in other regions of other molluscs, can increase the production of human food considerably, and the yield can be many times higher than fishing methods can obtain in the same region.

There is perhaps no subject in marine fishery research that needs more, and profits more from research than does marine farming. The great number of papers that were submitted to the Special Scientific Meeting on Oyster and Mussel Culture showed the great variety of problems which are dealt with in many countries in Western Europe. There were papers on:–

The development of oyster culture.
Reproduction and breeding experiments of oysters and mussels.
Setting and collecting of oyster larvae.
Production biology with regard to fertility of the water.
Mussel culture and its importance for the production of human food.
Chemical composition of various molluscs.
Diseases and pests.

The meeting was followed by a tour of the centres of oyster and mussel culture in south-west France. Thanks to the excellent organization all participants have much enjoyed the tour and they have got an insight into the elaborate and ingenious methods of sea farming in these regions.

B. Havinga

1.

L'Oeuvre de Jean Coste et le Développement de l'Ostréiculture.

Par Maurice Boury
Institut des Pêches Maritimes.

Il y a un siècle, le savant naturaliste Coste concevait les principes d'une technique ostréicole complète et en faisait la démonstration pratique.

Né en 1807 à Castries (Hérault), mort en 1873, Jean Coste entra à l'Académie des Sciences en 1851. Il fut également membre de l'Académie de Médecine et professeur au Muséum puis au Collège de France; il fonda le Laboratoire de Zoologie et de Physiologie Maritimes de Concarneau et en fut le premier directeur. En 1862, il se vit confier la charge d'inspecteur général de la pêche fluviale et de la pêche côtière maritime.

Dans le domaine qui nous intéresse particulièrement, l'ouvrage de Coste le plus fréquemment cité est le récit commenté et accompagné de suggestions qui porte pour titre: "Voyage d'exploration sur le littoral de la France et de l'Italie. Rapport sur les industries de Comacchio, du lac Fusaro, de Marennes et de l'anse de l'Aiguillon."—1ère édition, 1855; 2ème édition, augmentée de nouveaux documents sur les pêches fluviales et marines: 1861.

Coste rédigea également d'autres mémoires, notamment:—

"Mémoire sur les moyens de repeupler les eaux de France". (Académie des Sciences, Février 1853).

"Mémoire sur les bancs artificiels d'huîtres du lac Fusaro". (Académie des Sciences, Mai 1853).

"De l'aliénation des rivages comme moyen de créer des richesses nouvelles et de transformer l'inscription maritime en conscription maritime". (1853).

"Rapport sur l'état des huîtrières du littoral de la France". (Février 1858).

"Note sur les huîtrières artificielles des terrains émergents". (Académie des Sciences, Novembre 1862).

Avant le milieu du siècle dernier, l'exploitation des gisements naturels constituait en France, de même que dans la plupart des pays européens, la seule ressource huîtrière. Les produits de la pêche étaient livrés à la consommation, soit directement, soit après séjour dans des parcs ou dans des bassins appelés claires. Selon les cas, ce parcage était destiné à conserver les mollusques en bon état en attendant la vente ou à améliorer leurs qualités alimentaires et gustatives.

Jadis, les bancs d'huîtres étaient très riches et s'étendaient le long des côtes françaises, presque sans interruption. Comme on les croyait inépuisables, ils furent exploités pendant longtemps sans aucune restriction. Cependant, dans la première moitié du 18ème siècle, les populations côtières et les autorités commencèrent à s'alarmer devant l'appauvrissement des huîtrières. A partir de 1750, des mesures de protection furent édictées successivement dans diverses régions; mais elles ne réussirent pas à empêcher l'épuisement progressif des gisements dont l'état devint extrêmement inquiétant dans le courant du 19ème siècle. Un rapport de Coste, daté du 5 Février 1858, signale l'affaiblissement des bancs d'huîtres à Cancale et Granville, leur destruction à La Rochelle, Oléron, Rochefort et Marennes.

Devant la menace de la disparition de la production huîtrière, il importait d'introduire des méthodes nouvelles.

Coste trouva l'inspiration essentielle de ses idées en Italie où une exploitation ostréicole avait déjà été créée sous l'ancienne Rome et où existait encore au 19ème siècle, dans un étang salé de la région de Naples, des installations servant à la fixation et à l'élevage du naissain.

Coste étudia en premier lieu le problème de la régénération et de la conservation des bancs naturels; il chercha à les reconstituer par des apports massifs d'huîtres complétés par la mise en place de supports capables de recueillir les embryons au moment de leur fixation. Il fit remarquer que l'exploitation rationelle des gisements ne consistait pas à en extraire la plus grande quantité possible d'huîtres; il conseilla de disposer dans leurs abords des collecteurs en vue de la récolte du naissain, puis de transporter celui-ci dans des emplacements désignés par l'expérience comme favorables à la croissance de l'huître et à l'amélioration de ses qualités.

De ses observations, Coste conclut que les huîtres

transplantées et déposées dans des parcs pouvaient concourir avec celles des bancs naturels à la production du naissain. Afin de développer la culture de l'huître sur le littoral, il indiqua la façon d'approprier les terrains émergents et d'y installer des collecteurs dont il suggéra divers types. En ce qui concerne l'engraissement, il constata notamment l'effet bienfaisant d'un apport modéré d'eau douce.

Suivant les directives données par COSTE, des tentatives furent faites en divers endroits du littoral de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée pour former des huîtrières et établir des parcs ostréicoles. Ces entreprises reçurent l'appui des pouvoirs publics et l'aide de l'administration de la marine; elles bénéficièrent du concours de professionnels avertis.

A titre d'exemple, mentionnons la création, entre 1860 et 1865, de trois parcs modèles dans le bassin d'Arcachon. Comme le sol de l'un de ces parcs était couvert de vase, COSTE prit soin de faire d'abord enlever celle-ci afin de mettre à nu le terrain coquillier sous-jacent. D'importantes quantités d'huîtres furent semées, puis l'on plaça des collecteurs divers: coquilles répandues sur le sol, planchers garnis de fascines et de coquilles, tuiles maintenues au-dessus du sol par des traverses de bois. Les collecteurs donnèrent d'abondantes récoltes et la réussite de l'expérience incita la population des rives du bassin d'Arcachon à présenter de nombreuses demandes de concession de parcs.

Ce n'est point affaiblir les mérites de COSTE que de signaler l'insuccès dont fut parfois suivie l'application de ses idées. Il y eut même de graves échecs imputables à des causes diverses: évènements contraires, connaissance encore insuffisante de la biologie ostréicole, manque de mise au point des procédés, choix malheureux de l'endroit affecté aux essais.

Mais en définitive les conceptions de COSTE se sont révélées fructueuses et ses initiatives donnèrent à la culture de l'huître une impulsion qui fit défaut avant lui; celle-ci se propagea dans divers pays étrangers où l'on suivait avec intérêt les efforts accomplis en France par l'Etat et les professionnels. Aussi COSTE est-il justement considéré comme un fondateur de l'ostréiculture moderne.

Depuis l'époque où COSTE entreprit ses études et ses essais, les ostréiculteurs cherchent à perfectionner les procédés et à accroître la production. L'importance actuelle de la culture de l'huître dans l'économie française est indiquée par les nombres suivants (statistiques du 15 Janvier 1954):—

Région	Surface des terrains ostréicoles
Normandie	36 ha.
Bretagne nord	1,373 –
Bretagne sud	2,395 –
Vendée et quartier de La Rochelle	1,370 –
Marennes et Oléron	3,797 –
Quartiers de Bordeaux, Arcachon et Bayonne	1,578 –
Méditerranée	227 –
Total...	10,776 ha.

La quantité globale d'huîtres cultivées (plates et portugaises) livrée en 1953 à la consommation peut être évaluée à 80,000 tonnes environ.

La technique française présente des variations plus ou moins notables suivant les régions. Une région donnée peut être spécialisée dans l'une des trois branches ostréicoles: production du naissain, élevage, engraissement (ou affinage); elle peut aussi réunir deux de ces catégories d'exploitations ou même les trois. Pour un même genre d'opération, les procédés appliqués changent avec la configuration du lieu, la nature du sol et les conditions hydrologiques.

Par exemple, les tuiles chaulées, employées pour la récolte du naissain, sont suspendues par groupes à des piquets sur les terrains vaseux des rivières morbihannaises, tandis qu'elles sont disposées dans des cages de bois sur le sol plus ferme du bassin d'Arcachon. Dans la région de Marennes, on utilise des collecteurs divers: tuiles alignées sur le sol, piquets, chapelets de coquilles et de fragments d'ardoises.

La constitution des collecteurs artificiels et les conditions de leur mise en place représentent un problème particulièrement important qui fait toujours l'objet de nouvelles expériences; celles-ci sont réalisées par l'Institut des Pêches Maritimes avec la coopération des ostréiculteurs. Des études et des recherches pratiques sont également poursuivies en ce qui concerne les diverses phases de la culture de l'huître.

Le naissain récemment détaché de la tuile collectrice est très fragile et sujet aux attaques des animaux prédateurs. Aussi est-il d'abord disposé dans des caisses en toile métallique (caisses ostréophiles) ou dans des parcs spéciaux entourés de grillages.

Lorsqu'elles sont suffisamment fortifiées, les jeunes huîtres sont étalées dans des parcs convenablement aménagés. On choisit ordinairement un sol sableux ou sablo-vaseux que l'on amende, s'il y a lieu, pour l'amener à la consistance désirable. Afin d'assurer une croissance suffisamment rapide, un endroit où l'eau se renouvelle bien est habituellement préféré.

Sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique, l'élevage est généralement effectué sur des fonds qui émergent avec des coefficients de marée plus ou moins éleves; mais en Méditerranée, la méthode appliquée est forcément très différente. Dans l'étang de Thau, — qui est le seul endroit du littoral méditerranéen où se pratique actuellement l'ostréiculture, — les huîtres ne sont pas étalées sur le sol mais fixées à des barres de bois très dur suspendues verticalement à des bâtis.

L'huître qui a atteint la taille voulue pour la consommation peut être soumise à un engraissement dans des parcs ou dans des claires situés dans des endroits reconnus particulièrement propices pour cette opération, par suite de la composition et des qualités particulières du sol et de l'eau. De même que pour les phases précédentes de la culture, des variations sont constatées d'une région à l'autre, par exemple: les huîtres du Belon sont dispersées sur le sol macadamisé de parcs installés sur les bords du chenal de la rivière; dans le Morbihan et au Croisic, on utilise des

caisses à fond grillagé, supportées au-dessus du sol par des pieux; dans la région de Marennes et en certains points de la côte comprise entre le golfe du Morbihan et la Loire, les huîtres sont engraissées et subissent le verdissement dans des claires creusées dans des terrains argileux à un niveau qui peut être relativement élevé.

Quel que soit le mode de culture, l'huître passe, avant d'être livrée au consommateur, dans un établissement possédant obligatoirement les installations requises pour la manipulation et l'expédition des coquillages dans de bonnes conditions de salubrité.

2.

Observations on the Oyster *(Ostrea edulis)* Breeding Experiments at Conway, 1939-1953.

By P. R. Walne
Fisheries Experiment Station, Conway.

Introduction.

Experiments on breeding oysters on a semi-commercial scale have been made in many countries—Denmark, Germany, Great Britain, Holland, Japan, Norway and the U.S.A. The longest series of such experiments has been made at this laboratory where frequent successful spatfalls have been obtained. Some of the earlier experiments, those for the years 1936—38, have been described by Cole (1937, 1939). In this paper, some of the conditions observed in the years 1939—53 are described and their importance for successful tank breeding is discussed. The author has been associated with the experiments since 1947.

The general technique followed at Conway in the years 1939—53 was the same as described by Cole (1938), and there has therefore been a long series of comparable experiments; in some a heavy spatfall occurred while in others the spatfall was less heavy or occasionally negligible. An examination of the conditions observed during these experiments throws some light on the conditions which may lead to success

Each year, two identical concrete tanks, labelled respectively 'A' and 'B', have been filled with 85,000 gallons (386,000 l.) of sea water pumped up from the estuary of the Conway river during a spring tide, sometime between the middle of May and the middle of June. Each tank was stocked with between 500 and 600 adult oysters. A high density of larvae—more than 50 per litre—was invariably present at intervals during July and August. In most years the major part of the spatfall occurred during the month of July. A study, therefore, of the conditions during this month can be expected to give some indication of the conditions necessary for the production of a heavy spatfall.

Salinity was measured as specific gravity by hydrometers and converted, using Knudsen's tables, and pH by comparison with standard buffer tubes of the indicator, Thymol Blue. Flagellates were counted on a haemacytometer after concentration according to the technique described by Cole and Knight-Jones (1949). Spatfall was recorded by counting daily the number of spat which settled on 10 bleached oyster shells placed on a slatted tray hanging 1 foot (30 cm.) below the water surface. After the daily count all spat were removed and the shells carefully cleaned. The total number of spat which settled on these shells in the course of July gave a good indication of the successful growth and metamorphosis of the oyster larvae. Weather conditions are recorded at the laboratory but use has also been made of records from Llandudno, four miles away.

Physical and Chemical Factors.

Weather.

No connexion can be demonstrated between the weather conditions in July (Table 1) and the spatfall during that month. Good spatfalls have been obtained in both sunny years (1946) and very dull years (1944); wet years (1939) and dry years (1946); warm years (1941) and cold years (1940).

Water temperature.

The range of the mean daily temperature in July for 9 years in 'B' tank is shown in Table 2. During July, the temperature generally exceeds 20° C. for several days, but a spell of wind will quickly reduce the temperature by several degrees. In general, the water in the tanks always becomes warm enough for a period each summer for the liberation and growth of oyster larvae.

Some investigations have been made of the temperature rise resulting from the establishment of a fresh water layer on the surface of the tank. A 4 in. (10 cm.) layer of fresh water on the surface of 'B' tank (1950) protected the tank from loss of heat during a cold spell. For 8 days after the fresh-water layer had been established, the weather was fine and sunny and the temperature of both 'A' tank (without a fresh water layer) and 'B' (with a fresh water layer) tank rose from about 17·5° to 20·1° C. During the following

Table 1.

The weather during July 1939-53. The rainfall and sunshine were recorded at Conway and the temperature at Llandudno.

	Rainfall	Sunshine	Mean temperature °C.	
	mm.	hours	Maximum	Minimum
1939.....	102·87	127	18·3	12·8
1940.....	83·82	141	17·8	12·8
1941.....	38·60	170	19·4	12·8
1942.....	56·13	153	18·3	12·2
1943.....	38·35	197	18·9	12·2
1944.....	45·97	90	18·9	13·3
1945.....	41·91	145	18·9	12·8
1946.....	25·65	194	18·3	12·2
1947.....	30·98	127	19·4	12·8
1948.....	33·78	129	18·6	12·9
1949.....	20·82	154	20·6	13·3
1950.....	36·83	146	19·4	12·8
1951.....	20·86	124	19·4	12·8
1952.....	40·89	144	19·2	13·6
1953.....	40·64	157	18·6	12·9

7 days the weather deteriorated and the temperature in 'A' tank fell steadily to 16·0° C. whereas in 'B' the temperature remained at over 20° C. At the end of the experiment, when the tanks had to be emptied, oyster larvae were present in larger numbers in 'B' tank than in 'A'. Other experiments have been made with similar results, but, as the fresh water layer is quickly dispersed by a strong wind, its practical value is limited. Temperature control is not, at present, an important problem.

Salinity.

The initial salinity in the tanks ranges from 31·0 to 33·0 $^0/_{00}$, according to the amount of fresh water present in the estuary when the tanks are filled. The salinity of the tanks generally rises a little during the summer, as evaporation exceeds rainfall, but it rarely exceeds 34 $^0/_{00}$.

Salinity does not seem to be a very important factor as successful spatfalls have been obtained in July with the minimum salinity varying from 31·7 $^0/_{00}$ to 34·0 $^0/_{00}$ although a higher proportion of years were successful where the minimum salinity was less than 32 $^0/_{00}$.

Table 2.

Tank 'A'. The range of conditions during the the month of July.

In the enrichment column, the total number of crushed crabs added in the two months, June and July, is given.

	Salinity $^0/_{00}$	pH	Flagellates less than 10 μ per mm.^{3}	Enrichment. Crushed crabs	Spatfall on 10 shells July	Spatfall on 10 shells June, July, and Aug.
1939	31·6–32·7	8·22–8·35	10–32	0	541	2355
1940	32·9–33·5	8·10–8·57	13–161	0	5001	5018
1941	33·3–33·9	8·10–8·37	23–79	0	176	176
1942	33·1–33·9	8·20–8·25	19–44	0	1	149
1943	32·6–33·3	8·22–8·50	57–139	0	449	467
1944	32·6–33·1	8·20–8·30	69–136	96	70	70
1945	32·8–33·3	8·12–8·32	77–145	46	103	2109
1946	31·7–33·2	8·07–8·17	14–158	38	1022	1291
1947	32·4–33·9	8·10–8·17	22–68	0	219	2135
1948	30·6–33·0	8·02–8·10	18–54	0	0	588
1949	33·0–34·0	8·20–8·37	10–32	0	0	0
1950	31·7–33·9	8·35–8·65	32–60	30	64	68
1951	32·5–33·7	8·42–8·52	11–33	5	0	0
1952	33·3–33·9	8·35–8·55	12–20	0	12	12
1953	31·4–32·4	8·30–8·40	17–53	0	248	338

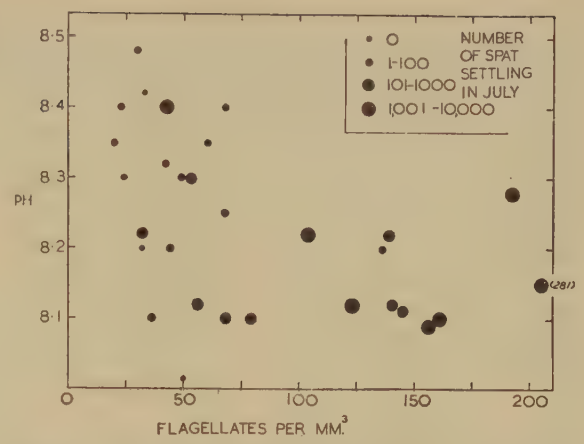

Figure 1. The relation between the size of the spatfall, the minimum pH and maximum flagellate count during July, 1939—53. Each spot, the size of which varies according to the total spatfall recorded on 10 shells, represents the conditions in one experiment.

pH.

None of the pH figures quoted in this paper have been corrected for salt error.

The pH of the water in the tanks immediately after filling has varied between 8·0 and 8·4. A high initial pH indicates a recent high level of phytoplankton production in the estuary. At Conway in May and June the most frequent cause is a *Phaeocystis* bloom. If the pH is high at the beginning of the season it usually remains high throughout the summer but, if the initial pH is low, a marked rise may or may not occur in July; in either set of circumstances large populations of flagellates may develop in the tanks. A bloom of flagellates, 2 μ or less in size, has much less effect on the pH than a multiplication of diatoms and non-motile Chlorophyceae.

In Figure 1, the minimum pH in the tanks in July is related to the maximum flagellate count and the spatfall. It will be seen that, with one exception, successful spatfalls have only occurred when the minimum pH in July has been below 8·3. This may be a direct or an indirect relationship, as these good spatfalls are also associated with high populations of flagellates (Fig. 1). It is possible that water of a high initial pH has already been impoverished, e. g., by a *Phaeocystis* bloom, and is therefore unsuitable for supporting the high population of flagellates which would in turn nourish a large population of oyster larvae.

Table 3. Tank 'B'. The range of conditions during the month of July.

In the enrichment column, the total number of crushed crabs added in the two months, June and July, is given. The tank was enriched in 1939, 1940, and 1941 but no record was kept of the total number added. In 1952 a very large number of *Ascidiella aspersa* settled in the tank and kept the nanoplankton at a very low density.

	Salinity ‰	pH	Water Temperature °C.	Flagellates less than 10 μ per mm.³	Enrichment. Crushed crabs	Spatfall on 10 shells July	Spatfall on 10 shells June, July, and Aug.
1939	31·8—32·7	8·4 —8·50	—	8—43	Not recorded	4713	5550
1940	32·0—33·6	8·15—8·70	—	43—281	,,	1677	1942
1941	34·0—34·8	8·22—8·47	—	23—104	,,	8574	8602
1942	33·0—34·1	8·25—8·35	—	24— 68	137	1	201
1943	32·6—33·5	8·32—8·67	—	55—176	88	42	99
1944	32·5—32·9	8·27—8·37	15·8—20·7	62—424	48	4275	5897
1945	32·9—33·2	8·12—8·40	15·7—20·6	72—140	46	852	2334
1946	31·8—33·3	8·12—8·20	16·4—22·1	40—123	38	3806	3817
1947	32·6—33·7	8·12—8·32	—	28— 56	0	167	182
1948	32·7—33·0	—	14·0—22·8	21— 36	0	18	25
1949	33·1—33·9	8·30—8·45	17·9—22·8	21— 24	30	0	8
1950	32·4—33·2	8·40—8·50	18·6—20·4	23— 68	42	48	118
1951	32·5—33·5	8·47—8·55	16·8—20·6	13— 30	0	6	26
1952	33·4—34·1	8·40—8·60	16·7—21·7	11— 23	184	84	84
1953	31·0—32·7	8·30—8·45	17·3—22·9	18— 51	120	60	66

Phosphate.

Some observations were made during the 1951 season when about 8 mg. P per m.³ were present at the end of June. During July the level varied between 5·5 and 6·2 mg. P in 'A' and 3·3 and 6·7 mg. P in 'B' per m.³ The addition of balanced quantities of sodium or potassium nitrate and sodium phosphate to various smaller tanks (20,000—30,000 gallons) has always stimulated the production of diatoms and not flagellates.

Oxygen.

The few determinations which have been made from time to time have given results lying between 95 and 106 % saturation. No evidence of stratification was found.

Turbidity.

Observations with a photocell in 1949 showed that the absorption of the light at the bottom of the tank varied between 29 % and 45 % during the summer. The variation was principally due to changes in the concentration of nanoplankton.

Biological Factors.

Zooplankton.

Within two or three weeks of filling, most of the original zooplankton has either metamorphosed or died and during the remainder of the season copepods, especially *Isias clavipes*, are, with oyster larvae, often the only abundant members of the zooplankton.

Phytoplankton.

Phytoplankton is sometimes abundant when the tanks are filled, especially one or more species of *Phaeocystis*, *Rhizosolenia* or *Chaetoceros*. These do not persist in the still waters of the tanks and during the rest of the season pelagic diatoms are generally scarce.

Detailed records have been kept of the abundance of flagellates less than 10 μ in size as it has been amply demonstrated that it is on such forms that oyster larvae feed. The range of densities of flagellates less than 10 μ in size is shown in Tables 2 and 3 and in Figure 1 the maximum density is related to the spatfall and minimum pH. It is apparent that, with high populations of flagellates, the chances of a good spatfall are considerably enhanced.

Finely ground shore crabs (*Carcinus maenas*) have been used as a source of organic enrichment in an endeavour to promote a favourable flagellate population (Tables 2 and 3). The results show that the denser population of flagellates produced is not necessarily of value in increasing the spatfall; further, substantial populations of flagellates have occurred in tanks which have not been enriched ('A' tank in 1940 and 1943).

Discussion.

These notes have outlined the range of conditions which have been observed at Conway in the oyster breeding experiments during the last 15 years. Taking the cumulative daily spatfall on 10 oyster shells as an index, successful spatfalls (over 1,000 spat) in July seem to be associated with a low minimum pH (below 8·3), and a maximum flagellate count of over 100 flagellates of less than 10 μ in size per mm.³ (see Figure 1). It is also possible, but not so clearly demonstrated, that a minimum salinity of less than 32 ‰ is also favourable.

The exception is 1939 (tank 'B'), when a very good spatfall occurred in July with a maximum flagellate count of 43. That season, although very good spatfalls occurred in both tanks ('A' tank in August and 'B' in July), the flagellate counts were always rather low.

There were three other seasons in which the major spatfall did not occur in July. In 1945 there was one in both tanks in the first fortnight in August when the high flagellate population continued from July. In 1947 (tank 'A') the spatfall was high in August although the flagellate population was only moderate.

In the period of 15 years (1939—53) under review, 11 very successful spatfalls have been recorded, of which 8 have occurred in conditions of low minimum pH in July, combined with a high flagellate population.

It is apparent from Figure 1 that a high flagellate population is associated with a low minimum pH in July; high flagellate populations have not been recorded in tanks in which the pH of the water has exceeded 8·3 at the beginning of the month. If the pH in the tanks is high at the beginning of the season, it is usually because they have been filled at the time of a phytoplankton outburst and it is reasonable to assume that such water has been impoverished and will not support a large flagellate population. The success which has been associated with a low pH may not, therefore, be due only to a reaction between the oyster larvae and water of a low pH, but in part also to the fact that such water is more often capable of supporting a large population of food organisms for the larvae. Experiments, however, made in this laboratory show that, with equal food supplies, better growth and settlement of oyster larvae are obtained from pure culture feeding experiments with a low pH than those with a high pH.

Although there is ample quantitative data on the flagellate population in the tanks, flagellate systematics is not sufficiently advanced for the population to be regularly explored qualitatively. The following paragraph is, therefore, largely speculative.

A high flagellate population is probably needed because the population is mixed and only a proportion of the species present are suitable food organisms. Occasions will, therefore, occur when although the flagellate population is high, good results are not obtained because the useful food organisms comprise too small a proportion of the species present (e. g. 1944, tank 'A' and 1943, tank 'B'). Similarly, very good spatfalls may be obtained when the flagellate population is low (tanks 'A' and 'B', 1939) because most of the species present are satisfactory food organisms.

To make further advances in tank breeding possible, the writer considers that a method must be found by which a high density of a proved suitable food organism may be maintained in breeding tanks. Oyster larvae are thought to be nourished by a comparatively small range of flagellate species and simple enrichment may not be satisfactory as it does not necessarily produce an outburst of food species. Smaller tanks, in which the conditions may be more closely controlled, may be required. Experiments in this laboratory (unpublished) have shown that, with suitable feeding, more than 1,000 larvae will mature and metamorphose per litre of sea water.

3.

Étude sur la Reproduction de l'Huître Plate *Ostrea edulis* dans les Claires de la Région Marennes-Oléron.

Par P. Trochon
Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes.

Introduction.

Les claires situées sur les deux rives de la Seudre, sur les côtes de Marennes, du Chapus et de l'Ile d'Oléron, sont des bassins creusés dans des terrains argileux. Elles sont alimentées en eau de mer par un système de chenaux et de ruissons, leurs affluents, pour un coëfficient de marée en général égal ou supérieur à 70.

Dans certaines claires, les ostréiculteurs déposent, au mois de Mai, des huîtres plates originaires de Bretagne ou d'Arcachon, âgées de trois ou quatre ans, à raison de 2, 3 et 4 huîtres par mètre carré. Dans ce milieu, sous quarante cm. d'eau, elles vont, pendant six ou sept mois, croître, engraisser et verdir. Elles seront pêchées, suivant les exigences commerciales, au cours de la saison d'expédition suivante. Elles seront alors devenues les fameuses "Marennes".

Or, les études que nous avons poursuivies sur le zooplancton et le phytoplancton pendant les années 1951 et 1952, nous ont permis de constater que l'huître plate est capable d'émettre dans ces claires des larves en grand nombre pendant le mois de Juin et au début du mois de Juillet.

Le phénomène de la reproduction est donc bien effectif mais les larves disparaissent en deux ou trois jours n'évoluant pas jusqu'au stade de la fixation.

Nous avons pensé, tout en demeurant très près du milieu naturel qui nous était offert et ceci en vue des applications pratiques possibles, agir sur les facteurs déterminants de l'évolution des larves dans le but de permettre leur fixation sur les collecteurs opportunément placés.

Une fixation rentable de larves d'huîtres plates dans la région de Marennes–Oléron serait un fait nouveau et important.

Au point de vue purement scientifique, nous pourrions alors amorcer avec les plus grandes chances de succès l'étude de l'hérédité chez l'huître et la sélection pourrait être envisagée, principe qui a déjà donné des résultats remarquables dans l'élevage des animaux domestiques et en pisciculture.

Expérience réalisée en 1953 dans une Claire de la Région de la Tremblade.

Comme bassin d'essai, nous avons choisi une claire de 3 ares, proche du laboratoire, dans laquelle furent aménagés des radiers destinés à recevoir les collecteurs et à les isoler du fond vaseux de la claire. De l'eau fut admise jusqu'à une hauteur de 40 à 50 cm. environ. 500 huîtres plates de 4 ans y furent déposées dans le courant du mois de Mai.

A partir du 2 Juin, des prélèvements de plancton furent faits quotidiennement avec numération des larves présentes par trait de filet dont la longueur était constante et égale au périmètre de la claire.

Une première émission (1,000 larves) repérée le 10 Juin n'évolua pas. La deuxième émission se produisit le 16 Juin (1,200 larves) et ne fut pas intéressante. La troisième, le 20 Juin, fut importante (5,000 larves). Nous avons alors ajouté dans la claire plusieurs litres d'une culture de flagellés, aliments de choix pour les larves, de l'amidon, du glucose, sources de carbone et d'énergie, ainsi que des sels inorganiques de phosphore et d'azote, sources d'aliments nutritifs.

Bien qu'une chute sensible dans le nombre des larves ait été enregistrée, le 24 Juin nous repérions encore 1,400 larves par coup de filet; 20 % de ces larves étaient parvenues au stade de fixation.

Le 25 Juin une quatrième émission se produisit (7,000 larves). Elle évolua moins bien que la précédente. Le premier Juillet cependant nous constations la présence de larves au 2ème stade, susceptibles de se fixer.

Puis il y eut submersion de la claire.

Nous notons une observation intéressante faite sur la répartition des larves au sein de la claire; elles avaient une très nette tendance à se rassembler dans une direction opposée à celle du vent et dans la région de la claire où la hauteur d'eau était la plus élevée.

Du 10 au 29 Juin, 7 lots de collecteurs comportant chacun 10 éléments furent déposés dans la claire. Le collecteur élémentaire avait été obtenu par immersion, dans un bain de ciment, chaux et sable, d'une

demi-plaque de cellulose moulée, à alvéoles de forme tronconique, servant d'emballage de protection pour le transport des oeufs. L'assemblage avait été réalisé avec du grillage métallique.

Les fixations les meilleures ont été constatées sur les collecteurs placés les 22 et 23 Juin, dates les plus favorables indiquées par les numérations.

Dans l'ensemble cependant nous avons obtenu une faible fixation: une huître plate par élément de 30 cm. sur 15 cm. Un fait certain est acquis: des huîtres plates peuvent être fixées en claire. Les études futures doivent porter sur l'amélioration de la fixation.

Dans ce milieu marin tout particulier, où la température de l'eau était élevée dans la journée, pendant l'été (27 à 29°), où la salinité oscillait autour de 35 ‰, la croissance de ces jeunes huîtres, toujours immergées, a été rapide:—

$1^1/_2$ mois après fixation, leur plus grande dimension était comprise entre 1 cm. et 2·2 cm.

$4^1/_2$ mois après fixation, 72 % des huîtres avaient une taille comprise entre 3 et 5 cm.; 28 % des huîtres avaient une taille comprise entre 2 et 3 cm.

Le 17 Février 1954, 84 % des huîtres possédaient une taille comprise entre 3 et 5 cm.; ces dimensions d'huîtres, âgées de 9 mois à peine, étaient nettement supérieures à celles du naissin détroqué à la même date sur les tuiles bretonnes et étaient comparables aux dimensions de certaines huîtres âgées de 18 mois, élevées dans cette région. La qualité de la "nacre" était également remarquable.

Expérience réalisée en 1953 dans une Claire et dans deux Bassin-Dégorgeoirs de la Région de la Tremblade.

Parallèlement à l'expérience qui vient d'être décrite, nous avons tenté un autre essai dans une claire de 2 ares qui pouvait être mise en communication avec deux dégorgeoirs, à fond de briques et à parois de bois, d'une capacité utile de 35 m.^{3}

1,000 huîtres plates de 3 ans avaient été placées dans la claire au mois de Mai; la hauteur de la nappe d'eau était de 40 à 50 cm.

A partir du 2 Juin, des prélèvements de plancton furent effectués tous les jours, en suivant le périmètre de la claire.

Du 16 au 27 Juin, des larves apparurent, toutes au 1er stade et en faible nombre; une pointe d'émission était repérée le 18 Juin avec 1,100 larves par coup de filet; émission qui n'a pas évolué.

Le 29 Juin, nous repérions 11,000 larves par coup de filet; la mise en eau des dégorgeoirs fut alors décidée.

Dans l'expérience précédente nous avions laissé les larves évoluer dans le milieu où elles étaient nées; dans le cas présent, nous avons, au moment de la forte émission constatée, admis un certain volume de l'eau de la claire dans les deux dégorgeoirs parfaitement propres, en la filtrant sur fin treillis pour éliminer le plus grand nombre possible de prédateurs: crevettes, crabes, alevins, ainsi que les algues macroscopiques.

Les bassins, mis temporairement à l'abri de la submersion, furent ainsi remplis lentement avec l'eau filtrée contenant les larves en suspension.

De l'amidon, du glucose, du phosphate et du nitrate de soude ainsi qu'une culture assez dense de flagellés (5 litres) furent immédiatement ajoutés.

Le 30 Juin, les pêches effectuées dans les bassins permettaient d'évaluer à 100,000 le nombre des larves présentes: 25 % au premier stade, 75 % en pleine évolution. Les nombres qui suivent indiquent leur transformation ultérieure qui parut à peu près normale.

Dates	Nombre de larves par coup de filet	% de larves au 2ème stade
1er Juillet.....	600	20
2 „	500	30
4 „	400	100
6 „	100	100

4 lots de 10 éléments collecteurs furent immergés le 30 Juin, les 1, 2 et 4 Juillet; le 7 Juillet deux lots de 2 éléments furent suspendus entre deux eaux.

L'examen de ces collecteurs a permis de constater seulement la présence d'une trentaine d'huîtres plates fixées. Nous attribuons cette faible fixation au nombre trop faible de larves contenues dans les bassins.

Par contre, nous avons dénombré en moyenne par élément collecteurs 80 huîtres portugaises qui, à l'âge de trois mois possédaient des dimensions comprises entre 3 et 4 cm.; les larves avaient été amenées de la Seudre au moment d'une submersion.

Comme dans l'expérience précédente, le naissain d'huîtres plates fixées a grandi très rapidement sous l'influence de la température de l'eau des bassins qui restrait élevée pendant les mois de Juillet, Août et Septembre.

Demi-Élevage des Huîtres Plates Fixées.

Le bassin ostréicole de Marennes–Oléron n'est pas un centre de captage d'huîtres plates et ne possède aucun terrain susceptible de convenir à l'élevage du jeune naissain détroqué; la plupart des viviers ou parcs sont à fond de vase molle où l'aménagement de "barrages" du type breton est impossible.

Le demi-élevage est-il cependant réalisable dans la région?

Pour répondre à cette question, les jeunes huîtres plates fixées au cours de nos essais ont été détroquées le 13 Novembre; un lot fut placé dans l'un de nos casiers expérimentaux, grillagé et surélevé, situé dans la zone des viviers de Ronce les Bains et découvrant pour un coëfficient de 70; ces huîtres se trouvaient ainsi dans les plus mauvaises conditions, mises à découvert très longtemps par le jeu des marées. Les grands froids qui ont sévi au début du mois de Février 1954 ont causé une mortalité totale chez ces huîtres alors que le naissain d'huîtres portugaises placé dans les mêmes conditions résistait parfaitement.

Un deuxième lot d'huîtres plates fut placé en casier grillagé dans une claire sous une épaisseur d'eau de 30 cm. A la faveur d'une température clémente, en Décembre, nous avons relevé un accroissement du

diamètre de ces huîtres. Aucune mortalité n'a été constatée à la suite des froids excessifs; une couche de glace d'une épaisseur de 10 cm. a cependant recouvert la totalité de la surface de la claire pendant 5 jours. La protection des huîtres a été assurée par l'immersion constante.

Un demi-élevage du naissain d'huîtres plates pourrait donc être pratiqué dans certaines claires basses, à l'abri de l'eau douce, qui seraient exclusivement réservées à cet effet et dans lesquelles seraient aménagés des casiers. Etant données les réserves nutritives du milieu marin contenu dans ces bassins semi-fermés, il est très probable qu'un grand nombre de jeunes huîtres pourrait ainsi être élevé dans chaque claire.

Conclusions.

1°) La reproduction chez les huîtres plates élevées dans les claires de la région de Marennes–Oléron est un fait certain et démontré. Au mois de Juin et dans les premiers jours du mois de Juillet, chaque année, des milliards de larves sont libérées; après un court séjour "planctonique", elles sont définitivement perdues.

2°) Nous avons démontré qu'il était possible, sous certaines conditions, de fixer en claires des larves d'huîtres plates sur des collecteurs convenablement placés. Pour le moment, l'opération n'est pas rentable; les études devront tendre à l'amélioration de la fixation, en particulier par la création de légers courants d'eau permanents et par la mise en expérience d'un plus grand nombre de géniteurs âgés par unité de surface.

3°) La croissance des jeunes huîtres fixées est très rapide dans les eaux chaudes des claires.

4°) Un demi-élevage en casiers du naissain recueilli peut être effectué dans des claires non soumises à l'influence des eaux douces.

5°) L'obtention d'une fixation importante de larves d'huîtres plates dans ces bassins naturels qui, le cas échéant, peuvent être mis à l'abri de toute submersion, permettra l'étude de l'hérédité; des expériences d'hybridation pourront être tentées.

La sélection et le captage d'huîtres particulièrement robustes, réfractaires aux maladies, poussant très rapidement, rendraient d'immenses services à l'ostréiculture.

C'est dans ce but précis que nos prochaines études et expériences seront conduites.

4.

Expériences Préalables sur la Fixation des Larves et la Croissance Hivernale des Jeunes Huîtres *(O. edulis)* des Rias Galiciennes.

Par B. Andreu et P. Arté

L'espagne était autrefois un des principaux pays producteurs de l'huître plate en Europe, un fait qui a été négligé par les auteurs étrangers (Orton 1937, Ranson 1943, Lambert 1950, Korringa 1952, et d'autres) malgré l'information étendue publiée par Graells (1870) et citée récemment par Navaz (1942). Nos bancs ont été si importants d'après Graells, qu'on les surnommait les graniers d'huître de l'Europe, et plusieurs navires avec chargements de ce mollusque partaient d'Espagne vers des pays différentes, pour y créer des parcs nouveaux ou repeupler leurs bancs.

Le dit auteur constata les conséquences d'une extraction excessive, comme le signalait déjà Cornide (1788) qui, en parlant de l'abondance d'huîtres des Rias de Vigo, Arosa et El Ferrol, craignait pour l'avenir de leurs bancs, puisque ceux de la Ria de La Coruña (El Burgo) commençaient à présenter des signals d'extinction. Les ordinances de pêche de la Province de Pontevedra (1768) font référence aux grands huîtriers naturels de Rianjo (Ria de Arosa), Ria de Pontevedra et Puente Sampayo (Ria de Vigo). Pendant 1935, (Sanchez 1936) près de 30 millions d'huîtres furent ramassées sur les bancs naturels, dans le Bassin de San Simón (Ria de Vigo).

Les Rias galiciennes, où se trouvent cantonnés les bancs d'huître plate de l'Espagne, ont passé par des étapes différentes d'épuisement et de recupération lente de ses resources, mais toujours il en est ainsi, que dès qu'un banc naturel s'est retabli, les prélèvements excessifs l'ont retourné à son premier état. Aujourd'hui, la Ria de Arosa est celle qui se maintient en tête dans la production d'huîtres, à cause de la grande extension occupée par ses bancs naturels. Certaines autres Rias, (surtout Noya et La Coruña) conservent encore des bancs d'huîtres. Dans la Ria de Vigo l'huître est pratiquement disparue et si on y trouve quelques-unes c'est par conséquence de la réproduction des huîtres stabulées sur les parcs de régulation et vente.

Chez les Rias galiciennes, nous n'avons pas trouvé *Gryphaea angulata* qui est spontanée dans la Baie de Santander et en Cadiz.

En Espagne la culture de l'huître n'est pas sortie de la période experimentale. Peut-être les échecs subis et la prodigalité des Rias pourraient nous en expliquer la cause.

Antécédents.

Les premières expériences sur la fixation des larves d'huître en Espagne, ont été réalisées par Sanchez (1936) dans le Bassin de San Simón (Ria de Vigo) quand il y existaient encore des bancs naturels puissants; il a fait usage des tuiles chaulées, placées en mer en Juin 1935. Il a obtenu 200 huîtres par tuile (100 de chaque côté). Le détroquage fut réalisé quand les jeunes huîtres avaient le diamètre d'une pièce de 5 cts. (20—22 mm. environ); ensuite elles furent placées dans des caisses à fond plat et couvertes avec toile de fil de fer; chaque caisse contenait 10,000 jeunes huîtres; l'auteur ne donne pas de détails sur la croissance.

Navaz (1939) signale que la fixation des huîtres sur les collecteurs placés dans le Bassin de San Simón par l'Instituto Español de Océanografía, près des bancs, a démontré que l'émission se poursuit pendant Septembre, et que ces larves fixées tardivement atteignent, en arrivant Novembre, 10—12 mm. de diamètre (l'original dit 10—12 cm., nous croyons, qu'il s'agit d'un lapsus); on ne donne d'autres détails des expériences, pas plus que des résultats quantitatifs de fixation.

En 1944 Sanchez a publié un rapport sur l'installation dans le Bassin de San Simón, de 100 collecteurs à tuiles chaulées, lesquelles donnaient deux millions d'huîtres. Sanchez dit: "En Juillet les tuiles étaient tellement couvertes d'huîtres, que certaines d'elles en avaient un millier. Après trois mois, lorsque la plupart des huîtres atteignirent une taille semblable à celle des lentilles, on les détroqua et les plaça dans des caisses en bois de $60 \times 40 \times 4$ cm., avec les parois de toile métallique." Sanchez dit ensuite: "Après 9 mois, les huîtres atteignirent 6—7 cm. et étaient prêtes à passer aux parcs; après 16 mois elles avaient la taille commerciale (9 cm.)." Il ne donne pas d'autres détails, mais seulement quelques photos parmi lesquelles on vit une huître plate sous la fausse dénomination de *Gryphaea angulata*.

La culture de l'huître n'existe malheureusement pas en Espagne, bienque Sanchez (loc. cit.) commence son rapport en disant: "La culture de l'huître existe dans la région galicienne." Le modèle des caisses ostréicoles, le détroquage prématuré des huîtres, la

Figure 1. Esquisse de la Ria de Vigo, avec indication du lieu des expériences (B) et de la station sur port à Vigo (A) où furent prises les températures et les eaux pour les valorations du plancton.

densité excessive dans les caisses et le haut niveau de marée où fut installé le parc, expliquent suffisamment l'échec des essais. Mais bienque les expériences de Sanchez aient été présentées avec le caractère d'une simple divulgation, elles sont très intéressantes, et on doit regretter qu'elles n'aient pas été publiées dans des revues scientifiques et avec la rigueur nécéssaire.

D'après Orton (1926) la croissance des jeunes huîtres s'arrête pendant l'hiver en Angleterre, en été elle commence très tôt, et cela continue jusqu'à l'automne; le diamètre moyen des jeunes huîtres, âgées de 12 mois, varie entre 19·6 mm. et 27·4 mm., selon que l'année soit normale ou bonne. Loosanoff & Nomejko (1946) ont constaté, que le diamètre de la coquille de *Gryphaea virginica* ne subit pas de changements pendant la première période froide, Décembre—Mai (les deux mois compris). Ranson (1949) constata, que la croissance de *Gryphaea angulata* était bonne entre 10° C. et 25° C. pourvue qu'elle disposait sur une alimentation suffisante. N'ayant pas vu le texte originale, nous ne savons pas, si l'auteur fait référence à la période hivernale ou à celle de la reproduction. Serbetis (1949) observa une croissance continue de *O. edulis* en Salamis (Grèce). Korringa considère dans son "Recent Advances in Oyster Biology" (1952), que la croissance de la coquille des huîtres a lieu périodiquement, et que la température de l'eau joue un rôle très important; il ajoute, que la croissance se fait parallèlement à la température. Il met en doute les résultats de Serbetis, parceque à son avis les données de cet auteur ne permettent pas de déduire, que l'arrêt de la croissance pendant l'hiver n'existe pas.

Méthodes de Travail.

Nous avons obtenu la fixation des larves sur des collecteurs à tuiles chaulées modèle arcachonnais, dans lesquels le nombre des tuiles a été reduit à 24,

Figure 2.

(tuile arabe sans vernisser) comme on peut le voir sur la Figure 2. Les tuiles furent immergées dans une suspension de chaux vive et du sable deux fois successives. Pendant le détroquage on a cassé un bon nombre d'huîtres. Dr. KORRINGA a bien voulu nous indiquer d'utiliser pour le premier bain chaux dure et pour le second chaux moins dure. Les tuiles furent placées dans les cages en bois le 30 Juin 1953, lorsque la ponte massive du printemps était déjà finie. Le collecteur fut installé à un niveau de marée 0·30 m. sur le zéro (du port de Vigo) de sorte que les tuiles étaient entre 0·50 m. et 1·30 m. du dit niveau. Le détroquage eut lieu le 20 Novembre, et pour les expériences de croissance nous avons utilisé seulement les huîtres de plus de 10 mm. de diamètre, obtenues sur notre collecteur.

Après le détroquage on plaça les jeunes huîtres dans une caisse à fond et couvercle en toile métallique, et avec les parois en bois, mesurant 1·20 m. × 1·00 m. × 0·20 m. Cette caisse fut installée sur 4 supports à un niveau de marée de plus de 0·30 m. sur le zéro, et à une distance de 20 cm. sur un fond de sable vaseuse, de sorte qu'elle restait seulement au dehors de l'eau une ou deux heures pendant les grandes basses mers. De cette période on a profité pour mesurer les huîtres. Les dimensions se rapportent au diamètre de la coquille, dès l'apex au bord, et furent prises au millimètre. Les données ont été groupées de trois en trois millimètres, et les fréquences des groupes regularisées d'après la formule: —

$$F_n = \frac{F_n - 1 + F_n + F_n - 1}{3}.$$

La ligne de traits représente les fréquences originales (Figure 3). Les huîtres furent mesurées généralement tous les trente jours.

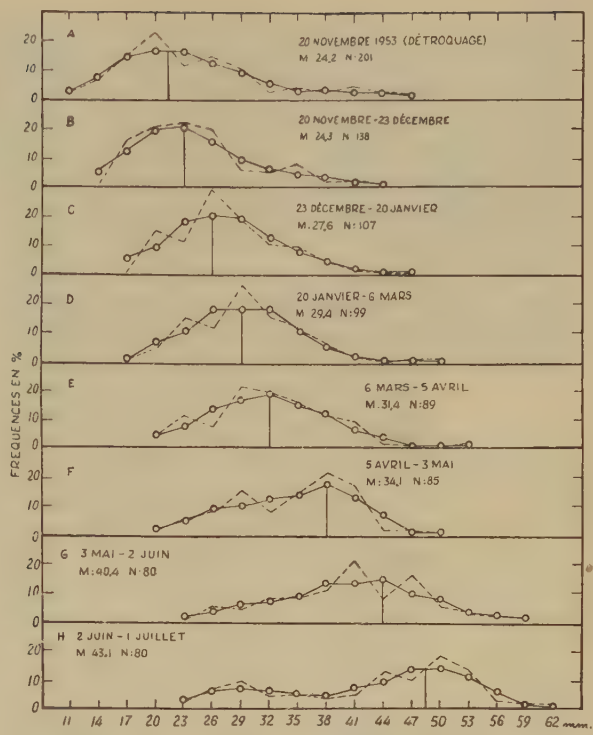

Figure 3. Polygones de fréquence du diamètre de la coquille au moment du détroquage (A) et les différentes mensurations prises. Ligne continue: fréquences régularisées. Ligne à points: fréquences obtenues.

Résultats.

Fixation des larves.

Les collecteurs furent installés le 30 Juin chez deux Rias différentes; celle de Vigo (Cesantes Plage) et celle d'Arosa (Carril).

Ria de Vigo. 3 Août 1953. — Après 34 jours d'avoir été mises en mer, les tuiles avaient une moyenne de 11·6 huîtres fixées sur chaque tuile. On en renouvella quelques-unes.

23 Octobre 1953. — Les tuiles qui étaient restées 115 jours dans l'eau présentaient une moyenne de fixation de 44 huîtres par tuile. Les tuiles placées le 3 Août 1953 avaient 28 naissains fixées par tuile. On rechangea quelques tuiles.

22 Novembre 1953. — On ne vit pas de fixation sur les tuiles dernièrement placées.

La fixation peu abondante enregistrée sur le collecteur de Cesantes Plage (Ria de Vigo), avec une moyenne de 44 naissains d'huître par tuile a une double explication: a) le petit nombre de reproducteurs, près de 100,000 huîtres seulement, stabulées sur les parcs de régulation et vente et la manque de bancs naturels, b) les tuiles furent placées tardivement la ponte massive une fois finie.

Ria d'Arosa. 12 Août 1953. — Depuis le 43ème jour de séjour dans l'eau on enregistra une fixation moyenne sur chaque tuile de 67 naissains. On changea quelques tuiles.

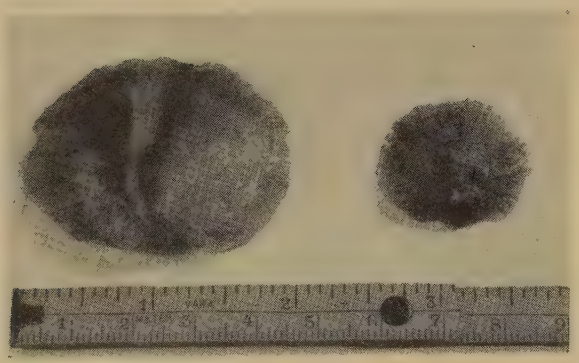

Figure 4.

24 Octobre 1953. — Sur les tuiles placées le 30 Juin la fixation moyenne était 139 naissains. Sur celles mises en service le 12 Août, la fixation moyenne obtenue par tuile fut 238 naissains.

Malgré le placement tardif des tuiles, nous avons obtenu une bonne fixation chez la Ria d'Arosa, ce qui doit être attribué à l'existence sur celle-là de bancs naturels d'huître.

Les données précédentes nous montrent l'existence après la ponte reduite pendant l'été, d'une seconde ponte massive et tardive, entre les mois d'Août et d'Octobre probablement pendant la première moitié de Septembre. Les huîtres obtenues de cette fixation tardive, sont fondamentalement celles qui nous ont fourni les dates de la croissance. En Carril, nous avons obtenu une meilleure fixation sur les tuiles placées le 12 Août que sur celles placées le 30 Juin, tandisque en Cesantes Plage l'inverse était le cas. On s'explique la mauvaise fixation sur les tuiles placées en Carril premièrement par l'embouement, qui n'existe guère à Cesantes Plage, où la fixation fut peut-être stimulée par les bactéries et la microfaune (hydrozoaires, etc.) préalablement fixées (Cole & Jones, 1939).

Croissance des Jeunes Huîtres.

Pour l'étude de la croissance on a utilisé seulement les huîtres provenant du collecteur de Cesantes Plage (Ria de Vigo). Nous avons détroqué le 22 Novembre, 143 jours après la placement des tuiles et presque trois mois après la fixation de la ponte tardive. Nous avons visité les parcs arcachonnais la première dizaine du mois de Mai 1953, pendant que tous étaient en train de détroquer la *Gryphaea angulata*. Chez les Rias galiciennes, la grande norme de croissance des huîtres pendant les premiers mois (les larves avaient en Novembre 11 mm. et 47 mm., avec une moyenne de 24·41 mm.) conseille détroquer tôt, si on y ajoute la basse mortalité et la croissance hivernale, on se rendra compte des raisons qui nous font conseiller un détroquage en Octobre, ce qui nous permet de gagner assez de temps. Nous espérons, que les expériences, que nous sommes en train d'obtenir, nous permettront mieux préciser ce point.

Le collecteur expérimental a donné 201 jeunes huîtres d'une taille supérieure à 10 mm., on voit leur polygone de fréquence sur la Figure 3 A. Un certain nombre de ces huîtres ont été mises de côté par cause des cassures subies pendant le détroquage, et d'autres, les plus petites, se sont perdues à travers les mailles de la toile métallique. La rupture des bords des coquilles pendant le détroquage et leur réparation, pourrait nous expliquer la petite croissance linéaire enregistrée le mois suivant (Figure 3 B). On présente sur la Figure 4 deux huîtres un mois après le détroquage (23 Décembre). Pendant le mois de Décembre la croissance a été défectueuse en certaines huîtres, les bords de la coquille se sont courbés en bas à cause des cassures du détroquage. L'huître de gauche correspond à la fixation d'été, et celle à droite à la fixation de la ponte massive pendant la première quinzaine de Septembre; il est à noter la grande différence de taille. A partir de Décembre et jusqu'au 5 Avril (Figure 3, B, C, D, E) la valeur modale aug-

Tableau 1.

Diamètre moyen et modal de la coquille des *O. edulis* pendant les périodes successives de temps indiquées avec expression de la température moyenne et extrême des eaux, abondance de phytoplancton[1]) et accroissement en volume des coquilles exprimé en pourcentage[2]).

	1953			1954				
Période de temps	20 Nov.	20 Nov.–23 Déc.	23 Déc.–20 Janv.	20 Janv.–6 Mars	6 Mars–5 Avril	5 Avril–3 Mai	3 Mai–2 Juin	2 Juin–1 Juill.
Diamètre de la coquille								
Moyen	24·4	24·3	27·6	29·4	31·5	34·1	40·4	43·6
Modal	21·5	23·0	26·0	29·0	32·0	38·0	44·0	48·5
Température des eaux								
Moyenne	14·6	14·8	14·1	11·9	12·3	12·5	15·2	16·3
Maxime	15·4	15·5	15·7	13·0	13·0	14·5	16·5	18·2
Minima	14·2	14·2	12·0	11·0	11·0	10·9	14·5	14·5
Accroissement du volume en %	—	26·9	54·2	47·0	41·5	83·4	67·8	41·0
Valoration du plancton (U.P.H.) par m.³	24·400	9·246	10·180	14·734	25·830	32·850	32·280	23·710
Classe du phytoplancton	—	(II)—III	I	I	I—II	I(II)	I	(II)III

[1]) Les quantitées de phytoplancton sont exprimées en unités pigment Harvey (U.P.H.) par mètre cube. I = petites diatomées. II = grandes diatomées. III = Péridiniens.

[2]) On a calculé le volume de la coquille d'après la formule d'Orton (1935): $y = 0.0404 \cdot x^{3 \cdot 531}$.

Figure 5.

menta trois millimètres par mois, et pendant la période 2 Juin—11 Juillet, l'augmentation fut seulement 3·5 mm. Sur la Figure 5, on voit deux huîtres prélevées le 1 Juillet de 53 mm. et 45 mm. de diamètre respectivement. Ces huîtres proviennent de la ponte tardive, comme on peut le déduire par comparaison avec la Figure 4 (prise à même échelle). On trouvera sur Tableau 1 les moyennes des longueurs enregistrées ainsi que les valeurs modales.

Les températures et les valorations du pigment chlorophyllique du phytoplancton font référence à la station du port de Vigo (voir Figure 1, A) et ne correspondent pas exactement aux caractéristiques hydrographiques du Bassin de San Simón. La température des eaux dans le Bassin de San Simón est toujours plus élevée que celle du port de Vigo, 2 ou 3 degrés, et le phytoplancton s'y trouve plus abondamment. La quantité de phytoplancton est exprimée en unités Harvey (U.P.H.) par mètre cube d'eau; ces données nous ont été fournies par Messrs. Margalef, Durán et Saiz, d'un travail qu'ils ont sous presse, et sont les moyennes des déterminations journalières pendant la période des mensurations. Pour le mois de Novembre on donne les moyennes dès le 22 Octobre, autant pour la température que pour les pigments.

Nous avons enregistré sur le Tableau 1, les accroissements en volume des coquilles pendant les périodes successives, exprimés en pourcentages. On a fait le calcul d'après la formule d'Orton (1935) par l'huître anglaise, que nous croyons la plus appropriée à nos huîtres.

Les périodes les plus froides de l'année 1954 étaient les suivantes: 24 Janvier—6 Mars, 6 Mars—5 Avril, 5 Avril—3 Mai, pendant lesquelles les valeurs modales du diamètre ont augmenté de 3 mm., 3 mm. et 6 mm. respectivement, avec une croissance linéaire supérieure à celle de Novembre—Janvier malgré ayant subi une température plus basse. Nos expériences démontrent bien, que les huîtres n'ont pas arrêté leur croissance pendant la mauvaise saison, lorsque les températures

descendaient jusqu'à 11° C., au contraire pendant cette période (20 Janvier—3 Mai) on enregistra une croissance égale ou supérieure à celle de la période 20 Novembre—20 Janvier, durant laquelle les températures furent plus hautes. Nous ne pouvons préciser exactement quelle a été l'influence du détroquage sur la vitalité des huîtres pendant ces mois, mais nous entendons que la quantité et la qualité de la nourriture à disposition sont les facteurs qui ont déterminé le rythme de croissance pendant chaque période.

Nous ne pouvons pas dire quel sera le comportement des huîtres à températures inférieures à 11° C., mais nous pouvons assurer, que par dessus de cette température la croissance des jeunes huîtres ne s'arrête pas dans les Rias galiciennes. Malgré le fait que nous n'avons pas trouvé une relation entre l'accroissement du volume et la température dans l'amplitude des variations thermiques observées (Figure 6 A) nous entendons que la température doit jouer un rôle très important sur la croissance comme facteur déterminant l'activité, pourvu que l'huître ait à sa disposition une quantité suffisante de nourriture. Nous trouverons peut-être pendant les mois les plus chauds une relation plus directe entre la température et la croissance. Nous n'avons pas pu bien définir non plus une corrélation entre l'accroissement du volume de la coquille et la quantité de nourriture donnée en unités pigment Harvey (U.P.H.); comme on peut le voir sur la Figure 6 les bactéries et la matière organique, qui ne font pas augmenter le pigment, jouent un rôle très important dans l'alimentation des huîtres. Les valeurs du phytoplancton comprennent les grandes diatomées et les Peridiniens, sûrement refusées par les huîtres. Malgré tout, on trouve une certaine rélation entre l'accroissement du volume et la quantité d'U.P.H. Nous ne sommes pas à même d'expliquer l'anomalie de Décembre, dont la valeur ne se trouve pas sur la ligne des autres mois. Sur la Figure 6 B on indique avec le numéro I, les périodes de prédominance dans le phytoplancton des diatomées de petite taille (*Sceletonema costatum, Chaetoceros socialis* et *Leptocyllindrus danicus*); avec le numéro II on indique la prédominance des grandes diatomées et avec numéro III celle des Peridiniens.

On peut voir, que les maximums de croissance en volume sont simultanés avec les abondances des diatomées de petite taille. Nelson (1947) a signalé déjà, que *Sceletonema costatum* est la diatomée la plus éstimée des huîtres. Des recherches ultérieures nous permettront d'avancer nos connaissances sur les facteurs de croissance des huîtres galiciennes, en ajoutant les données hydrographiques que nous n'avons pas à présent.

L'accroissement intense des huîtres galiciennes pendant les premiers mois de leur vie est supérieur à tous les cas enregistrés en Europe, par cause des conditions thermiques et de la grande abondance de plancton.

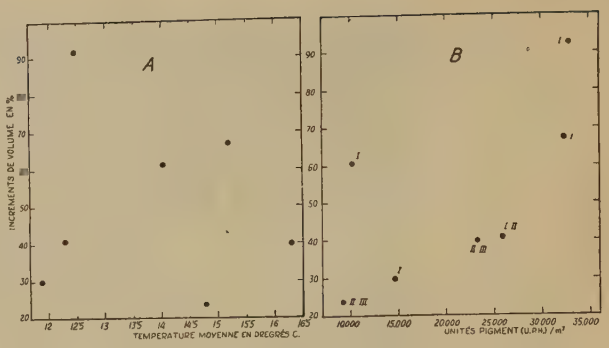

Figure 6. Relation entre l'incrément du volume des coquilles: A) avec la température, B) avec la quantité de phytoplancton. Sur B on peut voir que les hauts points sont en correspondance avec périodes d'abondance des petites diatomées dans le plancton (I). Les incréments de volume exprimés sur le Tableau 1 ont été sur les graphiques à égales périodes de 30 jours.

Résumé.

On présente dans ce travail un esquisse de l'état actuel et d'autrefois des resources ostréicoles en Galice (NO. d'Espagne).

On donne les résultats sur la fixation des larves d'huîtres pondues tardivement chez deux Rias galiciennes, dont l'une conserve encore des resources naturelles riches (Arosa), tandisque dans l'autre (Vigo) les huîtres indigènes ont complètement disparu, et on n'en trouve pas d'autres que celles stabulées sur les parcs de vente, provenant des Rias voisines.

La grande croissance de l'huître galicienne pendant les premiers mois depuis la fixation, conseille détroquer en automme, 4—5 mois après que la fixation principale a eu lieu. Les jeunes huîtres détroquées bientôt au commencement de la mauvaise saison, n'ont pas arrêté leur croissance pendant l'hiver. Les cassures causées par le détroquage furent rapidement réparées.

A cause de la température constamment assez haute, les auteurs estiment, que la mode de la croissance est déterminée fondamentalement par la quantité de nourriture utilisable en chaque moment. On voit bien, que la majeure croissance eut lieu pendant les périodes de grande abondance de petites diatomées dans le plancton: *Sceletonema costatum, Chaetoceros socialis* et *Leptocyllindrus danicus.*

Les auteurs trouvent pour l'huître galicienne les plus hautes valeurs de croissance enregistrées dans la bibliographie européenne et estiment, que les conditions thermiques et l'abondance de nourriture en sont les causes. Ils estiment aussi, que les Rias galiciennes ont des conditions parfaites pour la culture de l'huître.

5.

Utilisation en Morbihan du Collecteur-Carton en vue du Captage du Naissain *(O. edulis)*.

Par M. Thiéblemont

Résumé de la Note parue dans la *Revue des Travaux* de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, **19**, 3.

Une mission de techniciens français de l'ostréiculture fut envoyée au Canada pour étudier les collecteurs-carton mis au point par le Dr. Needler.

Ce nouveau type de collecteur permet de réaliser une économie sensible dans la récolte du naissain d'huître. En 1948, les manipulations de 100,000 tuiles coûtaient 150,000 Fr. de plus que le travail d'une même surface de collecteurs-carton.

Plusieurs techniques furent essayées; celle qui fut retenue consiste à poser les collecteurs sur des chevrons situés à 0·30 m. du sol. Les collecteurs-carton tels qu'ils ont été expérimentés au Canada ont été modifiés et devront subir des améliorations.

L'auteur, notamment, ayant constaté que les collecteurs non chaulés récoltaient moins de naissain que les tuiles témoins chaulées, a, par la suite, masqué l'enduit de ciment par une couche de chaux. Mais la composition du ciment semble aussi avoir une influence sur la fixation. Des essais dans ce sens sont en cours.

Le collecteur doit être disposé de telle façon que le courant passe librement dans les alvéoles. De plus, la densité de collecteurs par unité de surface ne doit pas être trop forte.

Le détroquage du naissain se fait à la machine et donne toute satisfaction, sous réserve de prendre certaines précautions: l'enduit chaux-ciment ne doit pas être trop résistant; si la croissance du naissain est rapide, la coquille est fragile et se brise facilement au détroquage.

Le naissain récolté sur collecteur-carton ne subit pas l'attaque des crabes qui, au contraire, peuvent occasionner 50 % de perte dans le naissain récolté sur tuile.

Cette nouvelle technique de récolte du naissain d'huître présente des avantages certains sur la méthode employée jusqu'ici par les ostréiculteurs français et le collecteur-carton pourra être adopté utilement par les professionnels.

6.

Progress in Oyster Research in Britain 1949-1954, with Special Reference to the Control of Pests and Diseases.

By H. A. Cole and D. A. Hancock
Fisheries Laboratory, Burnham-on-Crouch, Essex.

Introduction.

At the Special Shellfish Meeting of the International Council for the Exploration of the Sea, held in Edinburgh in 1949, the senior author gave an account (Cole, 1951) of the British oyster industry and of the principal problems which had to be solved before production could be restored to pre-war levels. During the five years which have elapsed since the Edinburgh meeting, research has been proceeding at the laboratories of the Ministry of Agriculture and Fisheries at Burnham-on-Crouch and Conway and the purpose of this paper is to review the results achieved, especially in the control of pests and diseases.

In 1949 the problems reviewed included:—Repeated failures in spatfall, disease, prevalence of imported pests, the effect of severe winters and industrial and sewage pollution. In the last-named field, progress has been substantial as new and simpler techniques have been evolved for the purification of oysters (Cole, 1954) and mussels (Reynolds, unpublished). It is not proposed, however, to consider the subject further in this review.

Factors Controlling Spatfall.

The hope was expressed in 1949 (Cole 1951, p. 9) that within ten years we should be able to advise oyster planters effectively on the relative importance of the various factors controlling spat production. After five years further experience the picture is a good deal clearer but little less gloomy than in 1949. During the intervening years oyster spatfall on the major producing grounds in the east of England has varied from excellent in 1950 to complete failure in 1951 (Waugh, 1951). In the remaining three seasons it was insufficient to provide for replacement of stocks and the industry faces a shortage of native oysters which will continue until at least 1959. While it is clear that the maintenance of a high water temperature for a substantial period, such as occurs during warm summers, favours a heavy production of larvae and rapid growth to settling stage, it is becoming more certain that the percentage of larvae growing and settling is dependent to a very large extent upon the presence of an adequate number of nanoplankton algae (Waugh, 1951 & 1952). It is evident too that only certain types of nanoplankton algae are capable of promoting good growth of larvae; others are ingested, if of suitable size, but are either indigestible or lacking in the required nutrients (see P. R. Walne, p. 10). Attempts have been made (Waugh, in the press) to stimulate the production of suitable food organisms by fertilization of the upper part of the estuary of the River Crouch, Essex, and some slight success has been obtained. These experiments are being continued.

Recent experience has confirmed the extent to which severe winters or highly adverse environmental conditions may influence the production and survival of oyster larvae in the summer following. It is generally agreed that good spatfalls are not to be expected after severe winters, notwithstanding the survival of a good stock of breeding oysters. A good example occurred in 1953 following the severe floods in January which killed many oysters in Essex and Kent (Waugh, 1954); it was anticipated that the spatfall in 1953 would be poor and this was the case.

The relative infrequency of good spatting years in Essex, in comparison with 20 or 30 years ago, has led to speculation regarding the competitive effect of the vast accumulations of *Crepidula* on uncultivated ground in Essex estuaries. It has been suggested that the mass removal of these accumulations, if it were economically possible, might result in an all-round

improvement in the rate of growth and survival of oyster larvae.

Survival of oyster spat after settlement is satisfactory in Cornwall but poor on the east coast. This is correlated with the dense settlement of the barnacle, *Elminius*, in Essex estuaries (Knight-Jones, 1952); the prevalence of the American oyster drill, *Urosalpinx*, and heavy silting. The settlement of *Elminius* on artificial collectors may be controlled by spraying with D.D.T. emulsions (Waugh, Hawes and Williams, 1952) but we are not satisfied that it can be applied economically to shell cultch, unless virgin shell is obtained from processing plants for mussels and cockles.

The control of *Urosalpinx* is discussed fully below; its attainment is one of the principal objectives of the Ministry's oyster research programme.

Silting is reported locally to be more severe in Essex than in the years before 1920 when production of oysters was much higher than at present. The water over the beds is usually turbid and light penetration must be greatly restricted. This is likely to reduce the rate of reproduction of the nanoplankton algae essential as food for oyster larvae, particularly during dull summers, and may at times act as a limiting factor on growth and survival. Moreover, the ingestion of silt in suspension may prevent the larvae from obtaining sufficient of the nutritive algae when these are present at a low concentration.

Survival of spat after settlement, and also the efficiency of collectors, is greatly influenced by rate of silting. The source of the excessive silt now present in Essex rivers is thought to be the extensive unrepaired breaks in the sea walls which exist in most areas and into which water from the river enters at each tide; as it leaves it may be seen, particularly at spring tides, to carry much clay in suspension. There is also the probability that the great reduction which has occurred in the quantity of new shell laid annually to catch oyster spat has increased the liability of the surface layers of the bottom to be disturbed and brought into suspension during rough weather.

The adverse effect of excessive silting was shown in 1953, following the flooding of the coastal lands of Essex and Kent following the great storm surge of 31. January. Very heavy losses of oysters were experienced (Waugh, 1954), due to burying under debris from the land or to suffocation by suspended silt. Mortality from the second cause continued for several weeks after the inundation.

Pests.

Crepidula fornicata (the American slipper limpet).

During the period under review *Crepidula* has extended its range to include practically the whole of the south coast of England as far as Lands End (Cole, 1952). Recently it has been discovered also in Milford Haven, Pembrokeshire (Cole & Baird, 1953) to which it was undoubtedly conveyed on the bottoms of ships either laid up after the second World War or consigned to the shipbreaking yard in the Haven. In Cornwall *Crepidula* is not yet established generally, but a flourishing colony exists in the Helford River and smaller colonies in the Fal and Fowey estuaries. In its general spread westwards along the Channel, *Crepidula* has now reached the waters off Plymouth where it is now common.

Table 1.

Quantity of *Crepidula* taken on the Helford River oyster fishery.

1949	25
1950	65
1951	265
1952	1193
1953	1958

The rate of increase in the Helford River may be judged from Table 1, which shows the quantity of slipper limpets collected and paid for by the oyster company working the beds. At first five shillings was paid for each *Crepidula* collected but this has now been reduced to one penny; nevertheless the rate of increase has been slower than anticipated from experience on the east coast of England and it is possible that *Crepidula* is not so well suited by environmental conditions in Cornwall.

Detailed studies have been made of the distribution, density of occurrence, growth and breeding of *Crepidula* at selected points on the east and south coasts of England and the results will shortly be published. It has been found that *Crepidula* thrives and breeds most effectively on grounds which are capable of producing oysters of fine quality; the presence of an abundant stock of large *Crepidula* is a reliable guide to the suitability of the ground for the production of oysters. Similarly it has been found that crops of *Crepidula* spat are heavy in seasons when a good settlement of young oysters occurs and it is deduced that the larvae are dependent upon the same food organisms.

Careful observations of grounds cleared of slipper limpets during the severe winter of 1947 suggest that re-establishment of the population to the same level of density may occupy as long as 10 years.

The most intractable problem created by the presence of *Crepidula* on English oyster beds is the high cost of clearing and reclaiming ground which has gone out of cultivation. The necessity to remove 20 tons or more of *Crepidula* per acre from the worst infested, and, usually, the most valuable grounds, renders it impossible for any but the largest oyster companies to undertake reclamation on a large scale without assistance. In consequence the amount of derelict ground reclaimed during the period under review has been small. A new fishery has, however, been established at Fowey, Cornwall in an area almost free of *Crepidula*, and very small beginnings have been made with the rehabilitation of the once substantial fisheries in Poole Harbour and Milford Haven.

Urosalpinx cenerea (the American whelk tingle).

The American whelk tingle, *Urosalpinx*, continues to cause concern to oyster planters in the Essex rivers, and there is evidence that its numbers are still increasing in places which provide a favourable environment. Surveys in the Rivers Crouch and Roach have revealed concentrations of up to 10,000 *Urosalpinx* per acre. This should be compared with Cole's (1942) statement that *Urosalpinx*, in pre-war years, occurred sparingly in the River Crouch. There is no evidence that *Urosalpinx* has spread, or has been transported to areas outside Essex and Kent. Surveys have failed to reveal the presence of *Urosalpinx* in the River Orwell (Suffolk), Orford River (Suffolk) or the Emsworth Channel (Hampshire), to which American and Essex oysters were taken in past years. Its distribution has extended slightly from the original centres and it is now known to have spread southwards at least as far as Herne Bay, along the Whitstable Flats, and northwards along the Essex coast from Brightlingsea to Frinton. It has been stated previously that such direct migrations must be greatly limited by the absence of free swimming larvae. Attention is being given to means of preventing the transport of oysters or oyster shell from infested to free areas. A few lots of oysters from Essex have been relaid in Devon, but so far no *Urosalpinx* have been found among the relaid stock. Investigations are being made of possible dipping techniques which would kill any spawn or young tingles adhering to the surface of oysters about to be relaid.

Observations in 1953 showed that on one oyster laying in the River Crouch, Essex, *Urosalpinx* had, by December, destroyed 58 % of the oyster spat of 4—5 mm. diameter and larger which had settled during the summer (Hancock, 1954). This represented 86 oyster spat per square metre destroyed by *Urosalpinx*. This estimate did not include the smallest spat, traces of which are more difficult to see, nor the spat rising one year old destroyed early in the spring following settlement. It is not, therefore, difficult to agree with Cole's (1942) estimate that in certain places in the Essex rivers approximately 75 % of the spat are destroyed before they reach one year of age. The discovery that on another ground in the River Crouch 10 % of oysters aged 3 years and older had been drilled during the first half of the feeding period, indicates that *Urosalpinx* also causes a substantial mortality among oysters larger than spat.

Population studies have shown that normal dredging operations on the Southward Laying, River Crouch, between 1949 and 1952 inclusive, have accounted for some 10,000 *Urosalpinx* and a great deal of spawn. This figure represents only one-fifth of the present total population, and emphasizes the need for more vigorous control measures. Further trials using wire-bag traps of the type favoured in the United States, and other underwater traps, have met with little success. Extensive trials of drill dredges constructed on a pattern similar to those used in the United States have shown that, when compared with an ordinary power dredge of the same dimension, the drill dredge rarely catches more tingles than the power dredge, and catches none of the considerable quantity of spawn and other pests retained by the power dredge. It is possible, however, that lighter models of a hand dredge pattern, used incidentally to normal dredging, may have some application, and it must be remembered that the important feature of such drill dredges is that the contents need not be sorted, but can be taken ashore in bulk and dried.

Curved roofing tiles placed in lines along the lower shore, and inspected fortnightly at low water of spring tides, make useful traps for tingles, and utilize the habit of the tingle of crawling up and under objects during spawning. Three hundred tiles inspected on nine occasions throughout the summer of 1954 have yielded over 3,000 *Urosalpinx* and 16,000 of its capsules. This exceeds the expected yield of tingles from 50 hours intensive dredging in the summer.

The tiles provide an objective and quick method of inspecting the shore, on which tingles are usually obscured by mud. Only a short time is taken involving the use of the minimum number of men, and its efficiency should be compared with the use of the boat and full crew required for dredging. A further advantage is that two-thirds of the tingles taken are adult females. The tiles however have a limited application; they cannot be used on a bottom of pure mud, but a gradually sloping shore is found to increase their effectiveness. Experiments with improved methods of using tile traps for *Urosalpinx* are being continued.

The value of removing the spawn from oysters and shells during the height of the breeding season cannot be over-emphasized. The yield from four hours intensive dredging in the River Roach with one boat fitted with two four foot power dredges was estimated at nearly 80,000 capsules, each of which could have been expected to produce about 10 young tingles. A clearer picture of the biology and habits of these animals is being sought, with the object of shedding further light on methods of capture and control.

Starfish.

Two species of starfish—*Asterias rubens* and *Solaster papposus*—are found in large numbers on the Essex coast. In Britain *Asterias* has always been regarded by fishermen as the traditional enemy of mussels and oysters. Laver (1916) regarded it as the most injurious of the direct enemies of the oyster in the Colchester oyster fishery, and Collard (1902) mentioned it as a deadly foe of the Whitstable oyster. Needler (1941) regards the starfish (*Asterias vulgaris*) as the worst enemy of oysters in Canadian Atlantic waters, while in the United States it has been estimated (Galtsoff & Loosanoff, 1939) that 500,000 bushels of oysters have been destroyed by *Asterias forbesi* annually since 1921. At present, local control measures in Essex comprise the collection and drying of starfish caught during normal dredging.

A series of experiments was designed to discover what part the oyster plays in the diet of the starfish, and to decide whether further control measures could be justified. Starfish (*Asterias rubens*) have been taken in the dredges from oyster grounds in the River Crouch in the act of feeding on brood and spat oysters. They have also, however, frequently been taken feeding on other forms such as *Crepidula*—a severe competitor of the oyster—which forms a considerable part of the fauna of the oyster beds.

As a result of long-continued laboratory experiments in which a choice of food was offered, it was found that although starfish occasionally ate spat and adult oysters, the greater part of their food was made up of shellfish and other forms which are the oyster's competitors for space and food. The smaller sizes of starfish ate large numbers of barnacles, with occasional spat of oysters and *Crepidula*. The larger ones ate oysters and oyster spat occasionally, but almost always exhibited a preference for mussels and, in the absence of these, for *Crepidula* and, occasionally, even for *Urosalpinx*. *Asterias* has been found to feed also on many other kinds of shellfish, but they exist in much fewer numbers on Essex oyster beds and are of considerably less importance than the oyster and its competitors, the slipper limpets and barnacles. The mussel appears to be a universal favourite of *Asterias*, but it occurs only sparingly on oyster grounds in the River Crouch.

Dredge surveys of an oyster ground in the River Crouch showed that there were very few starfish close inshore where the largest concentrations of oysters and their spat were found. The largest numbers of starfish were found further offshore, where oysters were either mixed with slipper limpets and barnacles or completely absent. 10,000 starfish were taken from the offshore part of this ground in the course of a few weeks' dredging from an area covered entirely by slipper limpets. Further confirmation of this feeding behaviour has been found in the River Colne, Essex, where starfish are found in largest numbers near the mouth of the river. Here oysters are virtually absent, but dredged starfish were found to be feeding on slipper limpets, the numbers of which are stated by the Foreman of the Colne Fishery Board to be decreasing, largely, he believes, as a result of the activities of starfish.

It seems likely, therefore, that on the east coast of England *Asterias* is less important as a pest of oysters than was previously supposed, and that under certain conditions its depredations on the competitors of oysters may be beneficial. The removal of starfish from clean grounds which are stocked with oysters and relatively free from pests and competitors is still to be highly recommended, but the destruction of all starfish, even on derelict or offshore grounds covered with barnacles and slipper limpets, seems to be an unnecessary, and even short-sighted, policy. The transplantation of starfish to help clear derelict grounds under controlled conditions might have some application.

Table 2.

Shell disease in English native oysters.

Date	Locality	Age of oysters (years)	No. examined	No. with shell disease	% Infected
26.1.52	River Crouch Essex (upper)	1 & 2	105	25	23·8
2.2.52	River Crouch Essex (upper)	2	98	11	11·2
3.11.53	River Crouch Essex (mid)	2 & 3	35	9	26·0
14.1.52	River Crouch Essex (lower)	2 & 3	120	nil	0·0
10.1.52	River Roach Essex (upper)	2 & 3	98	48	49·0
9.2.52	River Blackwater Essex (upper)	2 & 3	140	22	15·7
11.6.52	River Blackwater Essex (lower)	2 & 3	75	3	4·0
12.6.52	River Colne Essex	2 & 3	58	5	8·6
25.1.52	Whitstable Kent	2	102	nil	0·0
24.5.51	River Yealm Devon	2, 3 & 4	54	5	9·3
20.6.51	River Fal (mid)	2 & 3	105	nil	0·0
20.6.51	Penryn River Cornwall	2 & 3	96	nil	0·0
21.2.52	Helford River Cornwall	3	107	nil	0·0

The sunstar, *Solaster papposus*, and, to a certain extent, the stone crab, *Hyas araneus*, feed on *Asterias rubens*, and are considered to play a part in its natural control.

On oyster beds in Devon and Cornwall *Marthasterias glacialis* may occur, particularly in the lower parts of estuaries where salinity is rarely reduced. The feeding behaviour of this starfish has not been investigated. It is nowhere very abundant but is regarded by the oystermen as an enemy and is removed during dredging. It does not occur on the east coast of England.

Shell Disease.

In 1949 shell disease of oysters had not been recorded in Britain, but in the year following it was found (Cole, 1950) among relaid Brittany oysters in the East of England. Since 1950 detailed studies have been made of the occurrence and spread of shell disease in the British Isles and it has been revealed as a major cause of loss in certain shallow warm creeks in Essex.

In Table 2 the results of examining a representative series of samples of native oysters from widely separated grounds are given. It will be seen that although the disease is present in oysters from nearly all the beds examined, the rate of infection is serious only in Essex. In Devon and Cornwall the disease is extremely rare in native oysters, although as shown below, heavily infected French oysters have been laid

Table 3.

Shell disease in 3-years-old oysters from Brittany imported into Britain.

Year imported	Where relaid	No. examined	No. with shell disease	% Infected
1951.....	Menai Straits	50	4	8·0
1951.....	Whitstable	50	3	6·0
1951.....	River Roach	49	12	24·5
1951.....	Helford River	52	12	23·1
1951.....	River Shannon (Ireland)	25	4	16·0
1952.....	Menai Straits	50	4	8·0
1952.....	Helford River	27	nil	0·0
1952.....	River Fal	25	3	12·0

down at times on all oyster beds in the west of Britain and also in Ireland (Table 3).

In Essex there appear to be two distinct forms of shell disease. The typical form as described by KORRINGA (1951), in which greenish rubber-like warts and knobs appear on the inside of the shell, particularly in the region of the muscle attachment, occurs commonly and as in the Netherlands, causes loss of condition and death of the oysters as soon as the muscle attachment is affected. In addition, in Essex, young oysters may be found in a very weak or dying condition without any deformation of the muscle attachment. In these oysters the cupped, and, in some cases, also the flat, valve is much thickened throughout and densely covered with the "white clouds" which arise during the development of infection in the normal Dutch form of shell disease. Often the muscle scar and the division between the quick and catch components of the muscle are outlined by reddish brown pigment. Superficially these severely affected shells often do not appear abnormal and there is no doubt that the presence of this form of shell disease is easily overlooked by oyster planters.

The pattern of distribution of the disease in Essex and the low level of infection among native oysters in Devon and Cornwall is in good agreement with KORRINGA's (1951) hypothesis that a water temperature of 19° C. must be maintained over nearly two weeks before epidemic spread of the disease occurs. In Essex such a high level of water temperature is of frequent occurrence during normal summers, particularly in shallow creeks, but in Devon and Cornwall 17°—18° C. is the normal summer maximum and temperatures above 19° C. very rarely occur.

Control of the disease in the Rivers Crouch and Roach has been attempted, using the established Dutch method of dipping with mercuric chloride solution coupled with the removal of excessive accumulations of old green cultch. Little success has been achieved: the occurrence of very small crops of spat since the discovery of the disease has prevented any thorough trial of mercuric chloride on young oysters, and many of those dipped had too thick shells for the fungicide to penetrate. In consequence, an incomplete kill of the fungus was obtained and further it later invaded the shell. Removal of shell cultch has been adopted on some grounds and may have prevented epidemic spread of the disease; it has not, however, reduced its incidence. On one shallow water ground in the River Roach an infection rate of 60·4 % was recorded in 1953, compared with 58·7 % in 1952.

MARTEIL (1954) reports that the disease is confined to certain well-defined areas in Brittany and has not increased its range during the last five years. The examination of samples from nine separate Morbihan planters, received as part of a large consignment imported into England during 1952 led to a similar conclusion. The rate of infestation with shell disease amongst these samples of two-year-old oysters varied from 0·0 % to 16·0 %. Unfortunately, detailed information regarding the distribution of the disease in France has not been available to English oyster merchants. The lack of knowledge upon which selection of sound oysters could be based is a severe obstacle to the resumption of imports of oysters from Brittany.

Other Pests.

During the period under review an intensive study has been made in America by MACKIN and his colleagues of the causes of loss of condition and death in oysters. Several new parasites have been discovered, two of which, *Dermocystidium* (MACKIN, 1951) and *Hexamita* may be important. *Hexamita* has also been recorded in European oysters (MACKIN, KORRINGA and HOPKINS, 1952) and it has been suggested that the unexplained mortality of 1920 which destroyed large stocks of oysters in eastern England and on the Continent of Europe was due to infestation with *Hexamita inflata*. It is not possible to prove or disprove this contention as the material studied by ORTON (1926) is no longer available. There are certain similarities in the conditions found by the latter in dead and dying oysters from British beds and the symptoms of *Hexamitiasis*, but it is worth while recording that in a personal communication received by the senior author from the late Professor J. H. ORTON, shortly before the lamented death of this great zoologist, the opinion was expressed that the two conditions were not the same.

No recent search has been made for *Hexamita* or *Dermocystidium* or related conditions in British oysters, as substantial unexplained mortalities have not been recorded. This is not, however, to suggest that all the causes of death of oysters in Britain are known; this is certainly not the case but no large unexplained losses have occurred in recent years. A new parasite of oysters has, however, been recognized very recently; this is the pyramidellid gastropod *Odostomia*. *Odostomia eulimoides* was first found attacking young oysters in the River Roach, Essex (COLE, 1951) but has since been found to be common and rather widespread in Essex (COLE & HANCOCK in the press). Moreover, it has been found that oysters may be greatly weakened and that some are killed

by the simultaneous attacks of several parasites. It is remarkable that such a discovery should be made in connexion with an animal so intensively studied as the European oyster, but no less remarkable is the very recent reporting of the damage done by a flat worm, *Stylochus frontalis*, to oysters on the American Pacific coast (Woelke, 1954).

Further attempts have been made to determine the importance of *Polydora* in relation to growth and fattening of oysters in Britain. In the Netherlands it seems that both *Polydora ciliata* and *Polydora hoplura* may cause stunting of oysters (Korringa, 1951) but in Britain an evaluation of the effect of *Polydora* has been greatly hindered by an inability to devise a treatment which will keep oysters free from *Polydora* for long enough to give a satisfactory measure of their growth rate in comparison with untreated stock. The methods devised by Korringa have not proved to be adequate to free British oysters from *Polydora*. Phenol as used by Mackin (pers. com. to G. D. Waugh) is more satisfactory but very rapid re-infestation may occur under British conditions. It seems too, that further attention to the systematics of the genus *Polydora* may be needed as *Polydora ciliata* (as now defined) exists in two well-marked ecotypes which may on detailed examination prove to be separate species. The work that has been done in England is of a preliminary nature and no firm conclusions can be drawn, but the impression remains that heavy *Polydora* infestation may produce serious stunting and loss of condition.

A newly-recognized enemy of oysters in Britain, which however is only occasionally of any importance, is the oyster-catcher *Haematopus ostralegus*. Despite its popular name it was not considered that this bird damaged oysters; indeed it is rare in areas where oysters are cultivated and undoubtedly its main food is other lamellibranchs, principally cockles and mussels. However, in the autumn of 1949 substantial destruction of two-year-old oysters was observed on the Ministry's oyster ground in the Menai Straits, North Wales. The damage was confined to a patch of oysters laid on hard gravelly shore; ground not previously used for rearing oysters. The greater part of the stock laid on muddy sand was not attacked and it is to be supposed that the birds were only able to break the shells of the oysters when they were able to press them against the hard shore.

7.

Oyster Culture and Biological Productivity.

By P. Korringa

In many a country methods of oyster culture are so highly developed and perfected that they are rightly compared with those used in agriculture and horticulture. In one respect there is, however, a considerable difference. In agriculture and horticulture one has ample experience of the potential yield per acre, depending on climate and bottom conditions. Chemical analysis of the bottom may demonstrate whether or not fertilizer should be added, and if so, which type of fertilizer and in what quantities, to maintain the yield at the optimum level.

In this respect oyster culture lags far behind. Many oystermen have empirical knowledge of the number of oysters which can be grown successfully on their plots, but no oysterman or biologist has developed a satisfactory system for measuring and calculating how many oysters can be grown on a given plot or in a given body of water. The industry is for obvious reasons always inclined to increase the output of a given plot when satisfactory results are obtained. Too often this leads to serious disappointment, especially when new grounds are tried. The oysters grow poorly, do not develop a satisfactory quality of flesh and show a high degree of mortality. One supposes as a rule in such cases that too many oysters have been planted on the given plot or in the given body of water, and explains this in terms of malnutrition. This in its turn may render the oyster more vulnerable to its many enemies and to adverse conditions.

In the Dutch oyster district, the Oosterschelde, complaints about poor growth, poor quality and high mortality were heard about 1889, about 1897—1900 and about 1918, all of them periods characterized by a high density of the oyster population, i. e., over 100,000,000 oysters of 2 years and older in the Basin of the Oosterschelde, east of Yerseke. This Basin contains some 400,000,000 m^3. of water. As soon as the density of the oyster population decreased (in 1890 through a very severe winter, about 1900 through transferring great numbers of oysters to other waters for fattening, about 1921 through export of large numbers of oysters for relaying on depleted beds in France and England) the oysters resumed their normal growth, developed a good quality of flesh and suffered "normal" losses. Obviously the beds had been overcrowded in the years that complaints were heard on all sides.

But was it really a clear-cut case of malnutrition which caused the complaints? No conclusive evidence is available to demonstrate that the oysters had not enough food at their disposal in the critical years mentioned above.

Recent years show again a noteworthy increase of the oyster population in the Oosterschelde. Some complaints are already heard about disappointing growth and quality of the oysters. The total population is, however, still somewhat below the critical level of 100,000,000 oysters of 2 years and older. It is not yet clear whether the complaints heard should be ascribed to normal year to year fluctuations in growth and quality or whether they are caused by the increasing density of the oyster population. It is very important to gain more insight into this matter, for in case of overcrowding the oystermen wish to transfer more and more oysters to other districts for fattening, notwithstanding the higher losses the oysters suffer there as a rule.

Unfortunately it is much more difficult to check the fertility of a given body of water or a given oyster bottom, than to judge the fertility of a given plot of arable soil. As phytoplankton organisms are generally looked upon as the oyster's main food item, it is logical that one has tried over and again to check the quantity of available food by elaborating plankton samples. Even our finest plankton nets catch, however, only the larger phytoplankton organisms, and especially in inshore waters those larger forms often constitute a minority, sometimes even a very small minority, of the total phytoplankton. Moreover many of the larger forms are either not ingested by the

oyster (e. g., the larger spiny diatoms) or appear to pass the oyster's interestinal tract undigested, often even alive! The plankton net therefore is obviously not a reliable instrument to investigate the fertility of oyster waters. A better method to measure the available phytoplankton is the pigment analysis of KREY. By using filtering papers and filter membranes of different pore sizes and by comparing the untreated water with water passed previously through a dense plankton net, it is possible to gain an insight in the total quantity of phytoplankton and the relative importance of its various size-classes.

Many investigators have tried to check the fertility of a given body of water by measuring the mineral nutrients in the water. In this one has often focussed on phosphates, which are usually considered as the limiting factor for plankton development in the warmer season. This too often led to unsatisfactory results, for in summer one may find very small quantities of free phosphates in both clear blue water poor in plankton, and in very rich green water teeming with phytoplankton organisms. Evidently the phytoplankton consumes the phosphates as soon as they are liberated by bacterial activity. If one measures, however, the total quantity of phosphorus, dissolved and particulate organic phosphorus included, one will find much higher figures in rich than in poor waters. Total phosphorus figures are of considerable value in measuring the fertility of a given body of water.

Much evidence has already been collected on plankton content, total phosphorus, etc., throughout the year, and at different depths, in the open sea, but little is known in this respect about the inshore waters in which oysters are grown. We therefore try now to accumulate data on seasonal fluctuations in phytoplankton (both fluctuations in quantity and in quality), on fluctuations in phosphates and total phosphorus, in organic matter, etc. in the Dutch centre of oyster culture, the Oosterschelde. In due course we hope to be able to study fluctuations from year to year and to compare those with differences in growth and fattening of the oysters. Thus we hope to be able to gain a better understanding of the fertility of the entire system and on the various factors involved. Only then may we hope to be able to advise the oystermen whether or not overpopulation of the beds in the Oosterschelde is a reality and whether it is advisable to transfer considerable numbers of oysters to other districts. It is desirable to accumulate enough evidence to judge whether plankton development in a given body of water is below the minimum, over the maximum, or about at the optimum level for oyster cultivation.

Differences from place to place in growth and fattening of the oysters should not always be ascribed to quality and quantity of food available per unit of water. Other factors may interfere. There are oyster plots which are called "too sharp" by the oystermen. The water there may contain enough food, but sand grains tossed about by waves and currents are hitting the oysters like a hailstorm for so many hours a day that the oyster's feeding is seriously impaired. It may also be that so much silt is suspended in the water above certain beds, either temporarily or permanently, that this reduces both the oyster's speed of filtering and the digestibility of the ingested material, so that the oyster can suffer from malnutrition in the midst of plenty of food.

But even if we compare annual differences in growth and quality of oysters on indisputably excellent bottoms (e. g., the solid peat soil of the Yersche Bank, Oosterschelde) we should be very careful in concluding that a greater density of the population leads to poor growth and poor quality *through malnutrition*, unless it can clearly be demonstrated that insufficient food has been available through serious competition. Other factors may interfere! There are microscopic parasites of the oyster (e. g., *Hexamita* in *Ostrea edulis* and *Dermocystidium marinum* in *Gryphaea virginica*) which may exert a considerable influence on the oyster's wellbeing. Their presence may lead to poor growth but also to a high degree of mortality. The denser the population of oysters, the greater the chance that epidemics of micro-organisms may strike. Serious cases of *Hexamitiasis* occurred especially in early spring in overcrowded basins. In years with a low population one has heard no complaints about mortality through *Hexamitiasis*. Increasing mortality and poor growth with an increasing density of the oyster population is therefore not necessarily brought about by malnutrition through competition. Transplantation of oysters is only helpful when the oysters can thereby escape from infestation by noxious micro-organisms.

It will be clear from the foregoing that intensive research will be required to distinguish between the influence of biological productivity and microbial infestations.

Only a careful comparison of food conditions with the local, seasonal, and annual variations in growth and fattening of the oysters, and especially a comparative examination of conditions in various oyster districts, will give us in due course the means to calculate the optimum density of shellfish populations for a given body of water and to judge the potentialities of new grounds.

8.

Etat de Maturation Sexuelle des Huîtres du Tage, *Gryphaea angulata* Lmk.

Par H. Vilela

Jusqu'à maintenant les huîtres n'ont pas été étudiées, au Portugal, du point de vue de leur biologie. Ce travail tout à fait préliminaire, est le premier sur le sujet et, à vrai dire, nous le considérons comme simple contribution à l'étude de l'écologie des huîtres du Tage dont nous nous sommes occupés depuis l'année dernière.

Dans ce but nous avons déterminé la température et la salinité de l'eau de surface, et fait des récoltes de plancton et de faune des fonds. Nous avons fait des préparations des gonades, en employant la méthode des coupes sériées et aussi de simple frottis montés à l'eau. Nous avons également obtenu des éléments sur les conditions climatériques et hydrologiques du Tage.

Avec la méthode des frottis nous avons essayé de faire une classification de l'état de la maturation sexuelle, en liaison avec la température et la salinité du milieu, en employant le procédé suivant:—

a) mensuration de la coquille;
b) arrachement de la partie souple du corps et immersion de celle-ci dans le formol à 5 p. 100, pendant quelques jours;
c) observation macroscopique du corps et surtout de la gonade;
d) montage à l'eau d'un petit fragment de la gonade, modérément pressé avec une baguette de verre;
e) observation microscopique de la préparation.

Les huîtres étudiées ont été récoltées une ou deux fois chaque mois, depuis le 15 Janvier jusqu'au 12 Septembre, sur les bancs de la rive gauche du Tage, entre Alcochete et Rosário.

Nous avons examiné 25 à 40 exemplaires de chaque échantillon, dont la plus grande taille de la coquille était comprise entre 2·5 et 10 cm. Avec cette méthode d'étude nous n'avons pas trouvé de différences entre les diverses tailles quant à l'état de maturation.

Nous avons considéré cinq états de maturation ainsi caractérisés:—

1. Corps plus ou moins lâche; gonade difficilement visible au travers du tégument, peu épaisse et peu développée. Pas de gamètes; les cellules précurseurs de ceux-ci toujours incluses dans les follicules malgré la forte pression avec la baguette. S'il a déjà des spermatides ou des ovotides on peut distinguer le sexe, grâce à leur dimension et leur disposition. Bien des fois on ne peu pas reconnaître le sexe.

2. Corps moins lâche et parfois déjà ferme; gonade bien visible au travers du tégument, plus épaisse et développée que dans le cas antérieur. De nombreux spermatides ou ovotides remplissent les follicules. On note des gamètes parfois nombreux. Après pression modérée on détache beaucoup de gamètes, mais la plupart reste incluse dans les follicules. Les follicules mâles montrent des expansions tubuliformes où les spermatides et spermatozoïdes sont groupés. Le plus grand diamètre des ovotides comprise entre 50 et 90 micra. On trouve normalement plusieurs ovotides avec 100 micra ou un peu plus grands.

3. Corps volumineux; gonade très évident au travers du tégument. Les gamètes se détachent très aisément après faible pression avec la baguette ou lorsque le fragment de la gonade tombe dans la gouttelette d'eau dans la lame. Les gamètes sont très abondants; remplissent le champ microscopique. La plus grand partie des ovocytes mesure entre 100 et 120 micra, ou même un peu plus.

4. Corps moins volumineux que dans le cas antérieur, gonade un peu lâche, gamètes moins abondants.

5. Corps ridé; gonade vide. Fréquemment il y a des gamètes résiduels. Parfois on voit plusieurs ovocytes très granuleux en voie de désagrégation.

Aux états 1 et 5 il n'est pas toujours facile ou possible distinguer le sexe; dans ce dernier cas le sexe reste indéterminé et nous représentons la gonade respective par le signe 0, par opposition aux symboles classiques ♂ et ♀ de mâle et de femelle.

Ainsi par exemple, ♂ 3, ♀ 2, 0 1, representent respectivement une gonade mâle à l'état 3, une femelle à l'état 2 et une indeterminée à l'état 1.

En beaucoup de cas, indépendamment de la distintion du sexe on ne peut pas distinguer aisément le 1er état du 5ème. La présence de gamètes résiduels est le seul moyen d'identifier sûrement ce dernier état.

Sur 258 exemplaires, 5, c'est à dire 2 %, étaient hermaphrodites.

L'un de ceux-ci, à l'état 4, récolté le 11 Septembre, présentait parmi une immensité d'ovocytes mûrs, quelques groupes de spermatozoïdes résiduels. Très

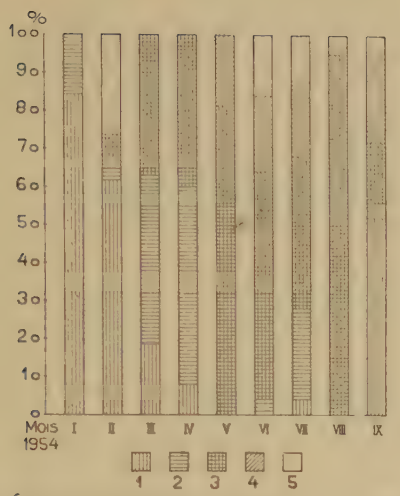

Figure 1. État de maturation sexuelle des huîtres du Tage, *Gryphaea angulata* Lmk.

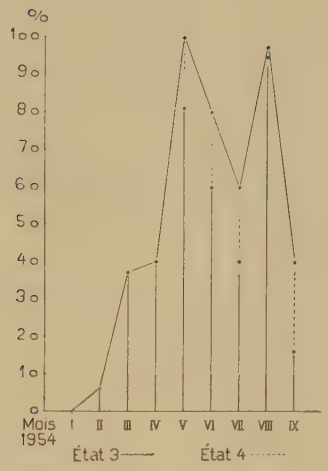

Figure 2. Huîtres dont les gonades sont mûres ou la ponte commencée.

probablement la gonade a fonctionné comme mâle à la ponte antérieure.

Une autre, récolté le 2 Février, enregistré comme mâle à l'état 1, aisément reconnu à cause de ses spermatides, contenait plusieurs ovocites. En effet dans un petit fragment de la gonade, nous avons compté, parmi les nombreux spermatides, 15 ovocytes dont la taille était comprise entre 100 et 120 micra. La gonade aurait-elle fonctionné antérieurement comme femelle, les ovocytes trouvés étant résiduels?

Dans les trois autres individus récoltés le 20 Fevrier, les spermatides et les ovocytes étaient également abondants. Les ovocytes mesuraient 50 à 60 micra.

Dans le tableau nous n'avons pas établi de colonne indépendante pour les hermaphrodites mais nous les avons signalés, et mentionné leur nombre, dans une note au bas de la page.

En Février aussi huit exemplaires dont le sexe n'a pas été déterminé, et un autre, reconnu mâle par suite de la présence de spermatozoïdes résiduels, avaient les gonades vides; la ponte à été faite et par conséquence les neuf individus, 26·4 %, ont été classés dans le cinquième état. Pour cette ponte précoce, très étrange étant donnée l'absence de gamètes au mois antérieur, et de ponte dans les deux mois suivants, nous ne trouvons pas de raison indiscutable. Cependant un phénomène très rare au Portugal, extraordinaire même dans la zone considérée, peut être invoqué: la neige est tombée pendant la basse-mer et a couvert les bancs.

L'intense refroidissement ainsi provoqué, suivi de l'élevation de la témperature comme conséquence de la monté de la marée, aurait-il déterminé la précocité de la ponte? Nous ne le savons pas, mais l'hypothèse subsiste. Il faut attendre les observations pendant le premier trimestre de l'année qui vient et voir ce qui se passera.

Les résultats de nos observations sont enregistrés dans le Tableau 1 et dans les Graphiques 1 et 2. Nous y voyons que, exception faite de l'étrange ponte de Février, l'apparition des gamètes mûrs a été verifiée dans ce mois, leur nombre augmentant jusqu'en Mai époque où la ponte a commencé. La production de gamètes a continué jusqu'en Août où leur nombre s'est fixé à 95 % ou même 97·5 %. En Septembre (première quinzaine) la ponte a commencé, ou bien finit, sur 28 % des individus les 4 % à l'état 4, feront leur ponte pendant la deuxième quinzaine de Septembre ou en Octobre.

Il est donc évident que la ponte s'est faite entre Mai et Septembre ou même jusqu'en Octobre et que nous pouvons considérer deux émissions successives de gamètes pendant l'année.

En vue que nous avons trouvé quelques hermaphrodites, pourra-t-on admettre chez ces individus une première ponte de gamètes mâles suivie d'une autre de gamètes femelles, ou vice-versa?

Afin de chercher l'influence du milieu physique nous avons pensé réunir les élements considérés plus importants, mais maintenant seulement il nous est possible présenter les valeurs de la température et de la salinité de l'eau de surface. Malheureusement pendant Janvier nous avons fait seulement deux observations et les donnés de Février se rapportent à la deuxième quinzaine.

Quant à la température nous voyons que ses valeurs ont augmenté depuis Janvier et qu'entre Avril et Mai on note une plus grande différence — 5° C. Cette montée brusque serait-elle la cause de l'augmentation du nombre des gamètes mûrs et du déclanchement de la ponte? Bien que nous ne croyons pas que la température soit le seul facteur décisif nous semble bon d'admettre son influence.

Quant à la salinité nous supposons que les éléments dont nous disposons ne sont pas suffisants pour permettre des conclusions définitives. Il nous faut attendre la continuation des recherches, mais en passant

Tableau 1.

État de maturation sexuelle des huîtres du Tage, *Gryphaea angulata* Lmk.

Localités et dates 1954	État	♂ N	♂ %	♀ N	♀ %	0 N	0 %	Total N	Total %	Temperature C°.	Salinité S ‰
Rosário 25/I	1	9	36·00	5	20·00	7	28·00	21	84·00	Min. 9·0	26·87
	2	3	12·00	1	4·00	—	—	4	16·00	Max. 11·0	27·03
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	Moy. 10·0	26·95
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
Rosário 2 et 20/II	1	9[1])	26·47	4	11·76	8[2])	23·53	21	61·76	Min. 10·0	24·90
	2	—	—	2	5·88	—	—	2	5·88	Max. 13·5	27·03
	3	1	2·94	1	2·94	—	—	2	5·88	Moy. 12·1	26·37
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
	5	1	2·94	—	—	8	23·53	9	26·47	..	..
Rosário 9/III	1	1	3·70	4	14·81	—	—	5	18·52	Min. 12·0	14·00
	2	4	14·81	8	29·63	—	—	12	44·44	Max. 15·0	30·25
	3	7	25·93	3	11·11	—	—	10	37·04	Moy. 13·9	22·96
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
Rosário 20/IV	1	—	—	—	—	2	8·00	2	8·00	Min. 13·5	26·62
	2	8	32·00	5	20·00	—	—	13	52·00	Max. 16·5	30·30
	3	3	12·00	7	28·00	—	—	10	40·00	Moy. 15·1	28·32
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
Alcochete 14/V	1	—	—	—	—	—	—	—	—	Min. 19·5	21·37
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	Max. 20·8	23·26
	3	15	46·88	11	34·37	—	—	26	81·25	Moy. 20·2	22·32
	4	1	3·12	5	15·63	—	—	6	18·75	..	..
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..
Rosário 14/VI	1	—	—	—	—	—	—	—	—	Min. 18·5	28·60
	2	—	—	1	4·00	—	—	1	4·00	Max. 21·0	31·53
	3	9	36·00	6	24·00	—	—	15	60·00	Moy. 19·6	29·87
	4	4	16·00	1	4·00	—	—	5	20·00	..	..
	5	2	8·00	2	8·00	—	—	4	16·00	..	..
Ilha do Montijo 12/VII	1	—	—	—	—	1	4·00	1	4·00	Min. 19·0	30·59
	2	—	—	6	24·00	—	—	6	24·00	Max. 22·0	32·41
	3	4	16·00	6	24·00	—	—	10	40·00	Moy. 20·8	31·56
	4	3	12·00	2	8·00	—	—	5	20·00	..	..
	5	1	4·00	2	8·00	—	—	3	12·00	..	..
Alcochete 6/VIII	1	—	—	—	—	—	—	—	—	Min. 21·0	27·43
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	Max. 22·0	27·75
	3	21	52·50	17	42·50	—	—	38	95·00	Moy. 21·5	27·63
	4	—	—	1	2·50	—	—	1	2·50	..	..
	5	1	2·50	—	—	—	—	1	2·50	..	..
Rosário 8 et 11/IX	1	11	44·00	—	—	2	8·00	13	52·00	Min. 20·5	30·35
	2	1	4·00	—	—	—	—	1	4·00	Max. 21·5	33·15
	3	2	8·00	2	8·00	—	—	4	16·00	Moy. 20·9	32·39
	4	2	8·00	4[1])	16·00	—	—	6	24·00	..	..
	5	1	4·00	—	—	—	—	1	4·00	..	..

NB.—Les valeurs de température et de salinité sont les moyennes de chaque mois dans le lieu respectif.

[1]) 1 hermaphrodite. [2]) 3 hermaphrodites.

nous pouvons dire qu'elle détermine bien la repartition des huîtres dans le Tage. En effet nous les trouvons seulement entre Póvoa de Santa Iria e Belém, respectivement situés à 35·5 et 10 km. de l'embouchure du fleuve, et ses limites selon nos premières observations sont sûrement conditionnées pour la salinité.

La confirmation de tous les résultats observés et hypothèses émises dans ce rapport, tout à fait preliminaire, exige: un perfectionnement de la téchnique; l'obsérvation d'un plus grand nombre d'exemplaires, pendant une période plus grande; un contrôle histologique à partir d'individus plus petits.

9.

Average Seasonal Variation of Chemical Constituents of the Mussel *(M. edulis).*

By F. Fraga

The present paper is a step towards a study of the chemical constituents of mussels (*Mytilus edulis*).

The mussels we have studied grow on the iron hull of a ship that is permanently anchored, in Vigo harbour, as a floating coal store.

The samples were taken about every fortnight. The size-groups of 40—45, 55—60, and 70—75 mm. were analysed separately, no accountable difference being found among them, so that in Figure 1 only the values for the 40—45 mm. size-groups are shown, as representative of the variation of the whole.

In almost every case duplicate samples were taken, consisting of about 20 specimens each. The mussels were partially opened by cutting their adductor muscles. In order to draw the internal water they were allowed to drain for 12 minutes after they had been opened. Then the fresh meat was removed from the shell.

Curve a, in Figure 1, shows the variation of the average weight of fresh meat per individual mussel within every size-group. It will be noticed that this average weight progressively increases from February, when there is a minimum value of 1·32 g., till September, when a maximum value of 3·57 g. is reached. From September to February there is a progressive decrease of average weight.

The dry weight variation is so similar to that of fresh weight that we have not plotted it in Figure 1: the relative fluctuations of water content are much less than those of dry weight. The water content variation (curve b) is quite opposite to that of average weight, but less, with a maximum in February-March (86·2 %) and a minimum in September (76·3 %).

Curve c shows the variation of fat content, which is similar to that of average weight and opposite to the water content variation. The fat content ranges from 2·4 % to 0·85 %.

The variations of protein, ash, and glycogen are not so uniform as the preceding ones. The curve for ash, d, shows some abnormal points and has some likeness to that for water content.

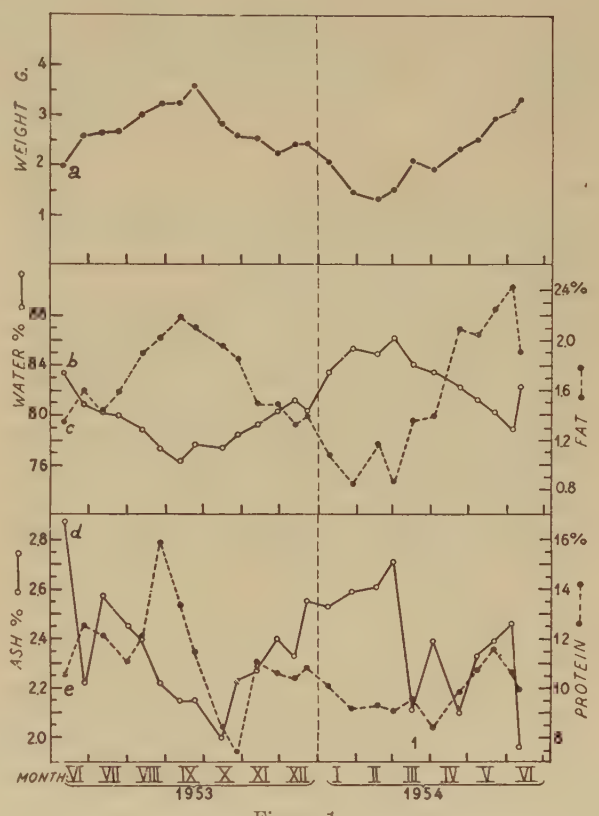

Figure 1.

The protein content varies in such a way that it cannot easily be referred to the other components. Its maximum value is placed at 15·9 % in August and after this month it decreases progressively to become almost constant from October and afterwards.

10.

Chemical Content of Scallops *(Pecten jacobeus)*.

By M. López-Benito

The present paper deals with the study of the chemical content of the scallop, carried out from November 1952 to October 1953. Samples were taken for analysis about every fortnight.

In each case the length and the width of the shell were measured. The length was taken as the maximum distance from umbo to the opposite border of the shell. The width was taken as the maximum distance perpendicular to the length. Each specimen was firstly weighed "in toto" and the weight of the fresh meat was calculated as the difference between total weight and the shell weight.

In each sample the content of water, fat, protein, and ash were studied, both for the body as a whole and separately for the adductor muscle, hepato-pancreas, male and female glands and mantle. Each valuation was made in duplicate.

The width of the shell is related to the length according to the following equation:—

$$Wi = 1{\cdot}216\ L - 0{\cdot}023$$

where Wi stands for shell width and L for shell length.

The weight of the shell is related to the length according to the following equation:—

$$We = 0{\cdot}4596\ L^{2.3697},$$

where We stands for shell weight and L as before.

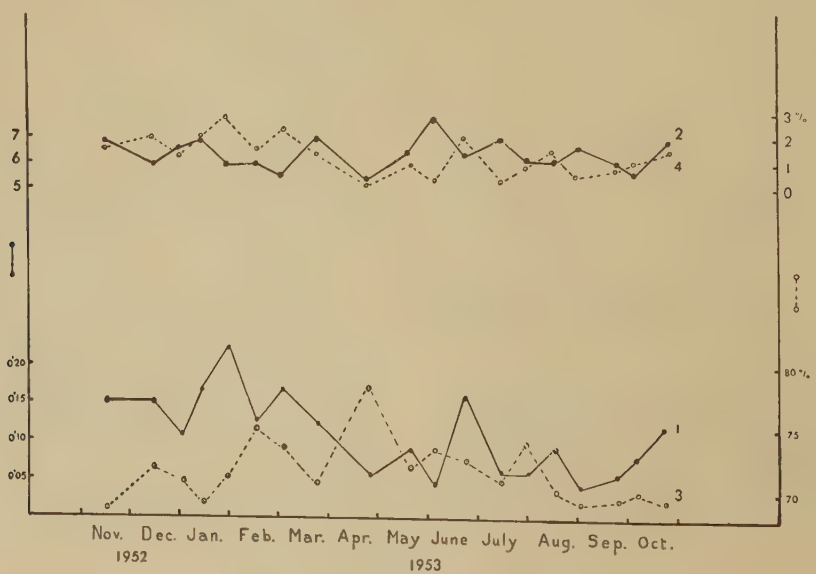

Figure 1.

The relation between fat and protein, for the body as a whole, is shown in curve 1 of Figure 1. It will be noticed that there is a maximum value placed in the first half of February and a minimum value placed in middle June. The value given for the second half of June is probably anomalous, corresponding to a sample that owing to its origin or to some other cause cannot be compared with the other samples.

The relation between water content and protein, for the body as a whole, is shown in curve 2 of Figure 1; it is almost constant throughout the whole period under study, which means that the protein is always accompanied by the same amount of water.

The percentage values of protein content, as referred to total dry weight, are shown in curve 3 of Figure 1. It will be noticed that there is a maximum value placed in the second fortnight of April and a minimum value placed in the second fortnight of November.

The percentage values of fat content, as referred to fresh weight, are shown in curve 4 of Figure 1; there is a maximum value placed in the first fortnight of June, and afterwards, in the second fortnight of the same month there is the sudden, probably abnormal, increase quoted above.

If the percentage values of fat for the different body parts are compared, it is noticed that the fat percentage value is higher in the hepatopancreas than anywhere else, following in decreasing order by the values for the female and male gland, adductor muscle and mantle.

The percentage value of protein content shows its maximum value in the male gland, followed by the adductor muscle, the female gland, the hepatopancreas and the mantle.

The ash values vary very little throughout the year. The percentage ash value is higher for the body as a whole than for the adductor muscle. The water content is higher in the mantle than in the body as a whole.

11.

The Chemical Composition and Nutritional Value of Portuguese Oysters.

By M. E. da Silva Graça, R. Carvalho Almeida, *and* M. R. Melo Costa

In the present work the analytical results are given of a nutritional study of 26 samples of Portuguese oysters.

Although the distribution area of *Gryphaea angulata* is now fairly large, it is in Portugal that the natural production of this species is highest, the most important oyster beds being situated in the rivers Tejo, Sado and Mira, and in the province of Algarve. In spite of the economic importance of oysters and of their abundance, there is no oyster culture in this country. Sale has even been stopped for some time on account of bad sanitary conditions. It was not possible, therefore, to obtain standard samples for study. In fact, excepting sample 16, containing oysters collected at a "fattening park" ("claire"), all the other samples were of wild oysters, picked from natural beds, without any kind of treatment or selection.

The origin of the samples is as follows:—

Oysters from the river Tejo: 21 samples, collected at different places on the left bank of the river. Samples 8, 12, 14, 16 and 17 came from an island in the river, known as "Ilha do Rato": the specimens in sample 16 were from the "fattening park" of the island, those of the others were collected on the natural beds situated around the island.

Oysters of the river Sado: 2 samples.

Oysters from Algarve (Olhão): 3 samples.

The chemical determinations carried out on this material were those usually made in nutritional studies, viz., energy-providing substances and accessory factors, such as: water, ash, protein, fat, glycogen and reducing sugars; calcium, phosphorus, iron and copper; thiamin, riboflavin, niacin and ascorbic acid. In some samples, besides carotene, vitamin A was also assayed.

Niacin was assayed by microbiological method in all samples and samples 15 to 26 by chemical method as well.

Iodine, owing to its great nutritional importance, ought to have been determined in all samples; however, due to difficulties in the existing methods for determination, it was assayed on a small number of samples only.

The work was carried out during two periods: March—July 1952 and December 1953—March 1954.

Preparation of the Sample.

As soon as they arrived in the laboratory the oysters were washed in tap water to remove all loose silt and dirt and allowed to drain. A random sample was then taken, comprising from 20 to 40 individuals, weighed, and the mean weight determined. Each oyster was then carefully opened, without heating, and the contents placed on a skimmer for 2 minutes to drain[1]). The drained oysters meat were again weighed, to calculate the edible part, and then macerated and mixed in Waring blender.

Duplicate samples were immediately taken from the homogeneised pulp for each of the intended assays, except for the determinations of calcium and ascorbic acid which were made from fresh material.

For the estimation of calcium particular care was taken with the opening of shells, in order to avoid small particles mixing with the body of the oyster. Three samples were prepared, each consisting of three specimens, and the mean value found.

[1]) Method of analysis of the Assoc. Off. Agricult. Chem., 1950.

Methods.

The analytical methods used are briefly indicated. For the colorimetric determinations a Coleman Universal spectrophotometer (model 11) was used, for the fluorometric determinations a Coleman photofluorometer.

Water: by vacuum drying at 80° C.

Ash: the dried sample was carbonised at a heat below redness, ca. 500° C., and the charred mass treated with hot water to separate soluble and insoluble ash.

Protein: the total nitrogen, determined by the Kjeldahl method, was converted into protein using the factor 6·25.

Fat: by dry extraction in the Soxhlet extractor. In a set of samples (15 to 26) the fat was also determined after acid hydrolysis by anhydrous ether and petrol ether. The results obtained by either methods are comparable, therefore only those obtained by the first method appear in Table 1.

Sugars: by the picric phosphotungstic copper reduction gravimetric method of Smith (Winton & Winton, 1945). No difference in reducing power before and after inversion was found, which means that no sucrose was present.

Glycogen: by Calderwood and Armstrong modification of the Pflüger method, as applied to oysters (Winton & Winton, 1945).

Chlorine: the ash was extracted with hot water and chlorine determined by Charpentier Volhard's method. Results are given as sodium chloride.

Calcium, Phosphorus, Iron and Copper: they were determined in the ash hydrochloric solution by the following methods:

Calcium was precipitated as the oxalate which was titrated in hot acid solution against standard potassium permanganate.

Phosphorus by a colorimetric method of Fisk and Subbarow: phosphate reacts with molybdate and a blue color is formed by reduction with para-aminonaphtol sulfonic acid.

Iron by α—α' dipyridil method using sodium sulfite as the reduction agent.

Copper by diethyldithiocarbamate method.

Iodine: by a colorimetric micromethod of Walaszek-Piotrowsky and F. C. Kock (1952). This method consists of ashing the sample with potassium hydroxide, dissolving the ash in water, acidifying the solution and oxidizing it with bromine to yield iodate salts and finally to determine their concentration by a colorimetric method employing a starch-iodide solution.

Carotene: by the Savinov and Luschvskaya (1952) technics with further modifications to this material.

Vitamin A: by spectrophotometer measurement of the blue color formed when vitamin A reacts with Carr-Price reagent.

Thiamin: by the fluorometric method applying the Jansen thiocrome reaction.

Riboflavin: by direct fluorometry.

Niacin: by the microbiological method with "Lactobacillus arabinosus" (D. Costa). In some samples (15 to 26) the chemical method, based upon the reaction of niacin with cyanogene bromide (Kodicek, 1940), was also used.

Ascorbic acid: by the Tillman 2—6-dichlorophenol indophenol method. The extraction was made by means of metaphosphoric and acetic acids, because the first was not enough to prepare a clear liquid.

Results and Discussion.

The analytical results obtained with the 26 samples studied, referred to 100 g. of the oyster meat, are given in Table 1. The Table gives also the average weight per oyster in shell, the average weight per oyster of meat and the percentage of the edible part.

According to the indications given by the Nutrition Division of the F.A.O., "Carbohydrates, total by difference" in Table 1, represent, for each sample, the difference between 100 and the sum of the water, fat, protein and ash.

The energy value was found using the practical factors proposed by Atwater: Protein: 4 calories per g.; Fat: 9 calories per g.; Carbohydrates: 4 calories per g. For this purpose "carbohydrates" were considered as the "total by difference".

Table 2 gives the mean values of the determinations made on a fresh basis.

Oyster meat has a high water content. The average for an oyster weighing 10 g. is 8 g. of water. The samples studied gave values from 77·85 to 86·34 g. % of water, with a mean of 83·0 %.

The dry substance consists of protein, fat, carbohydrates and mineral salts. Protein varies from 7·06 to 10·37 g. % of the fresh weight, with a mean of 51·0 % on the dry basis. Fat content is low, representing only, in the mean, 9·7 % of the dry substance, ranging from 1·09 to 2·45 g. % on the fresh basis.

Glycogen, the chief storage product of the oyster body, constitutes almost the total amount of the carbohydrates present. *Gryphaea* is considered poorer in glycogen than *Ostrea*. The values for glycogen showed greater differences from sample to sample than protein and fat: they varied from traces to 5·50 g. % of the fresh weight, corresponding to a variation of from traces to 24·1 g. %, dry basis. In the two samples in which glycogen was not present in sufficient amount to be determined, the oysters were very lean, the edible part was small and looked very poor, and the copper content very high. Sample 16, with a high glycogen content, was constituted by large, "fat" specimens—the meat had a creamy color and filled the shell cavity completely—with high edible percentage.

Seasonal fluctuations in certain components of the oyster body have been studied in several recent papers. Glycogen, according to some authors, has its higher values in winter. In the present study no significant differences were found between the samples collected during the two periods (March—July and December—March), either in the glycogen or the other components

Table 1.

Samples	Date of receipt	Origin	Average weight per oyster in Shell g.	Average weight per oyster of meat g.	Edible matter %	Water g. %	Ash g. %	Protein g. %	Fat g. %	Carbohydrates g. % Total by diff.	Carbohydrates g. % Glycogen	Carbohydrates g. % Red Sug
1	1952 10-3	Tejo—Barreiro	81	9·3	11·5	84·40	2·65	8·12	1·55	3·28	—	
2	17-3	Tejo— —	89	9·3	10	82·22	2·91	8·50	1·91	4·46	1·60	
3	31-3	Tejo— —	63	6·4	10	84·67	3·00	8·25	1·68	2·40	1·62	
4	15-4	Tejo— —	85	8·7	10	85·84	2·24	7·75	1·64	2·53	1·10	
5	30-4	Tejo— —	57	6·0	10·5	82·35	2·90	9·88	1·67	3·20	1·15	
6	12-5	Tejo— —	66	6·5	10	84·59	2·50	8·25	1·62	3·04	0·85	
7	21-5	Tejo— —	78	8·0	10	84·80	2·50	8·53	1·80	2·37	0·86	
8	2-6	Tejo—Ilha do Rato	115	14·4	12·5	81·15	2·33	9·63	2·27	4·62	3·46	
9	13-6	Tejo—Seixal	73	5·2	7	86·34	3·04	7·62	1·09	1·91	0·80	
10	18-6	Algarve—Olhão	159	19·0	12	78·57	2·72	10·37	2·16	6·18	3·70	
11	18-6	Algarve—Olhão	339	36·0	11	77·85	2·74	10·00	2·24	7·17	4·19	
12	27-6	Tejo—Ilha do Rato	73	6·3	8	82·60	3·00	8·69	1·49	4·22	2·40	
13	2-7	Tejo—Samouco	58	5·4	9	82·26	2·81	10·00	1·55	3·38	1·96	
14	18-7	Tejo—Ilha do Rato	97	9·4	10	83·32	3·13	8·38	1·90	3·27	1·29	
15	1954 19-12	Tejo—Seixal	88	9·8	11	85·24	2·00	7·06	1·61	4·09	0·71	
16	23-12	Tejo—Ilha do Rato	110	21·0	19	78·36	1·57	8·51	2·45	9·11	5·50	
17	23-12	Tejo—Ilha do Rato	35	3·2	9	84·70	2·86	7·40	1·30	3·74	0·92	
18	4-1	Tejo—Seixal	105	9·7	9	83·68	2·37	8·30	2·10	3·55	2·20	
19	4-1	Tejo—Seixal	88	7·2	8	82·69	2·45	8·21	2·24	4·41	0·55	
20	12-1	Sado	80	5·4	7	82·44	2·85	9·69	1·10	3·92	tr.	
21	12-1	Sado	118	5·5	5	82·49	2·84	9·37	1·39	3·91	tr.	
22	25-1	Tejo—Montijo	132	9·0	7	83·79	2·68	7·69	1·68	4·16	2·30	
23	1-2	Tejo—Montijo	59	5·0	8	85·40	2·42	8·56	1·54	2·08	1·56	
24	1-2	Tejo—Montijo	54	5·3	10	84·39	2·40	7·80	1·70	3·71	2·25	
25	18-2	Algarve—Olhão	403	16·7	4	82·68	3·25	8·87	1·33	3·87	0·85	
26	10-3	Tejo—Montijo	62	5·5	9	82·70	2·76	8·68	1·63	4·23	2·00	

assayed. No sucrose was present and the reducing sugars were poor.

Comparing the total carbohydrates obtained by difference with the total obtained by adding the values of glycogen and reducing sugars determined separately, it was found that in few cases did they agree. In most of the samples the amount of carbohydrates analytically determined was less than the amount calculated by difference. This fact may, perhaps, be attributed to a decrease in the initial glycogen by hydrolysis and the subsequent degradation of the resulting sugars into substances not determined in the fraction "reducing sugars", the whole process taking place between the time the oysters were collected and the time the analysis was made. It may be noted that, in the present case, with samples 8, 23 and 24 for which the interval was shorter than usual (about 6 hours), the two values are very near, and glycogen and reducing sugars make up the total value calculated by difference.

The importance of storage, as well as that of the temperature at which the oysters are kept, in the decrease of glycogen, has been discussed in the literature. Some experimental results, however, seem to demonstrate that oysters may be kept out of water, at temperatures slightly above the freezing point, for considerable lengths of time, without appreciable loss of glycogen.

Oysters are rich in mineral elements. In the samples studied minerals averaged 16 % of the dry substance, ranging in the fresh substance from 1·5 to 3·0 g. %.

Sodium chloride, although showing considerable variation related to the environment, represents a large part of the minerals present, 35 % in the mean, but attaining in one sample as much as 51 %.

Calcium and phosphorus contents are appreciable. The values for phosphorus varied between 92 and 211 mg. % with a mean of 144 mg. %; calcium values showed a great dispersion: between 27 and 154 mg. %, with a mean of 66 mg. %. In tables of food composition the values given for calcium in oysters are very inconsistent. Some authors[1]) give 68 mg. % while others give 186 mg. %[2]). Figures as this last one seem to be exaggerated and are probably due to minute particles of shell adhering to the oyster body during the process of opening. Reference has already been made to the difficulty in preparing the sample for calcium determination. The value 154 mg. % obtained for the sample 25 is doubtful, although it represents the mean of the results obtained in three batches made from the original sample. The oysters in this batch had very soft shells and it was almost impossible to open them without detaching minute fragments.

---

[1]) Randoin, Le Galic & Causeret; Bowes & Church, 1946; Sherman, 1946.

[2]) McCance & Widdowson, 1946.

Table 1.

Minerals						Soluble ash	Insoluble ash	Vitamins					
ClNa	Ca	P	Fe	Cu	Y			Carotene	A	B_1	B_2	PP	C
g. %	mg. %	mg. %	mg. %	mg. %	µg. %			µg. %		µg. %	µg. %	mg. %	mg. %
0·78	74	155	11	—	—	0·98	1·67	—		—	114	1·7	0·7
1·00	118	155	13	—	—	1·32	1·59	—		108	150	1·9	3·1
1·27	79	161	11	—	—	1·35	1·65	—		154	131	1·6	3·3
0·62	62	152	9·5	6	—	0·94	1·30	—		—	168	1·6	2·9
0·94	28	211	10	11·5	—	1·32	1·58	—		153	224	2·2	3·4
0·69	27	192	8	14	—	1·00	1·50	—		162	270	1·7	2·8
0·85	40	187	8	11	—	1·16	1·34	—		146	175	1·7	4·1
0·80	58	152	7	9	—	1·05	1·28	—		244	168	1·8	6·5
1·31	62	158	3	16	—	—	—	—		225	186	—	1·4
1·10	60	167	8	8	—	1·55	1·17	—		225	279	2·4	5·3
1·09	55	175	7·5	7	—	1·01	1·73	—		144	336	2·5	3·8
1·25	100	178	10·5	10	—	1·59	1·41	—		135	280	2·6	3·8
0·77	60	195	8	22	—	—	—	—		225	270	1·8	2·0
1·59	62	—	9	14	—	1·93	1·20	—		227	232	2·4	6·2
0·65	62	102	7	6	75	0·96	1·04	0		102	196	2·0	1·1
0·45	76	100	5	2	98	0·73	0·84	0		133	168	1·9	8·1
0·82	70	126	5	12	100	1·23	1·63	0		105	270	1·7	2·2
0·81	50	174	9	6	110	1·13	1·24	75		108	112	1·9	4·7
0·74	54	130	8	8	95	0·96	1·49	54		135	140	1·6	3·6
1·05	95	94	6	21	330	1·50	1·35	48		105	—	—	3·2
1·00	90	98	8	21	100	1·54	1·30	0		80	168	—	2·1
—	58	100	8	8	150	1·49	1·19	tr.		105	167	2·5	1·2
0·92	31	92	6	8	70	1·20	1·22	80		112	112	0·9	4·0
0·72	31	114	6	7	—	1·23	1·17	70		154	145	1·8	3·6
1·49	154	96	5	8	—	1·97	1·28	tr.		122	196	2·2	2·5
1·00	50	134	3	6	—	1·42	1·34	tr.		119	156	1·6	2·6

See the text.

Oysters are rich in iron, values between 3 and 13 mg. % having been found, with a mean of 8 mg. %.

Copper is a normal component of oysters varying in the samples studied from 2 to 22 mg. %, with a mean value of 10 mg. %. Some authors (Ranson, 1951) consider the oysters as unfit for eating when their copper content is higher than 15 to 20 mg. % of the fresh substance. In our study samples 13, 20 and 21 gave the high values of 21 and 22 mg. %.

The values given in the literature for the iodine content of oysters vary between wide limits. Randoin gives 18 µg. %, while some American authors (Winston & Winston, 1937) record in American oysters 19·4 to 165 µg. %, fresh substance, and others 180 to 350 µg. %, dry substance (U. S. Bur Fish., 1952). In the samples tested by the colorimetric micromethod indicated above, the values obtained varied between 70 and 330 µg. %, with a mean value of 125 µg. %, fresh basis, which corresponds to 738 µg. %, dry basis.

From the point of view of vitamin content oysters may be considered as fairly good sources of thiamin and riboflavin, but are poor in niacin and ascorbic acid.

The amount of thiamin found varied from 80 to 244 µg. %, those of riboflavin between 112 and 336 µg. %, the results agreeing with those given by other authors.

In spite of their strong pigmentation oysters are poor in carotene. As regards the content of vitamin A the results obtained in our determinations are doubtful and are not included in Table 1. When following the colorimetric method of Carr-Price, the pigments in the oyster being soluble in ether and chloroform give a bright yellow solution and therefore the blue coloration characteristic of vitamin A cannot be seen, but only a greenish tinge. The method can only be used for oysters after the pigments have been eliminated previously.

In the bibliography consulted vitamin A is seldom mentioned with regard to oysters. In a few tables of food composition (Taylor, 1942; Sherman, 1946), values of 223 and 150—300 I.U. % are cited. The values we obtained in the samples tested, varying the assay samples and adding known amounts of vitamin A, as "an internal standard", are lower, about 60 to 100 I.U. %.

These figures agree with those cited in recent papers (Korringa, 1952; Kon, 1954).

Ascorbic acid showed wide variations between 0·7 and 8·1 mg. %, the mean value being 3·5 mg. % which is in agreement with the values indicated for this product. Only Randoin gives 8 mg. %, a value found by us only in sample 16.

Values for niacin varied from 0·9 to 2·6 mg. %. Results obtained by the two methods, the chemical and the micro-bacteriological, as described above, show agreement. Figures for niacin in Table 1 are those obtained with the micro-biological method.

Table 2.

Water	g. %	83·05
Ash	g. %	2·70
Protein	g. %	8·62
Fat	g. %	1·72
Carbohydrates, by difference	g. %	3·95
Glycogen	g. %	1·75
Reducing sugars	g. %	0·42
Calories	%	65
Chloride sodium	g. %	0·95
Calcium	mg. %	66
Phosphorus	mg. %	144
Iron	mg. %	8
Copper	mg. %	10
Iodine	μg. %	125
Carotene	μg. %	25
Thiamin (Vit. B_1)	μg. %	147
Riboflavin (Vit. B_2)	μg. %	192
Niacin (Vit. PP)	mg. %	1·9
Ascorbic acid (Vit. C)	mg. %	3·4
Average weight per oyster in shell	g.	106
— — — — of meat	g.	9·7
Percentage of meat on gross weight (edible part)		9

A few observations will be made regarding our material.

From the observation of Table 1 it is evident that the average weight and the percentage of the edible part varied, from sample to sample, within very large limits, respectively 35 to 403 g. and 4 to 19. Such variability, which would not be acceptable in oysters for sale, was due to the fact that in our cases, the oysters were collected on natural beds, as already pointed out, and had not suffered any kind of selection.

It may be further noted that the larger specimens were not necessarily those with a higher percentage of edible part. Sample 25, for instance, with an average weight per oyster of 403 g., is represented by an edible percentage of 4. Sample 16, on the contrary, with an average weight of 110 g. per oyster, shows the mean of 21 per oyster body, which gives the high percentage of 19 for the edible part.

Of all the samples studied it is only the sample 16, collected from a "fattening park" ("claire"), and therefore already with a certain degree of selection, that presents characteristics of a product for public consumption.

The present work was carried out in the "Instituto Superior de Higiene Dr. Ricardo Jorge", at Lisbon.

When this study was finished—July 1954—the Portuguese Oyster Purification Station (Posto de Depuração de Ostras do Tejo) began to function.

The techniques adopted in this station are those employed in Great Britain and the oyster purification will be controlled by the Department of Public Health. The problem of oyster sanitation, which has been the cause of the ban on sales, is now solved.

This is the first step in a plan established by the Government to encourage the oyster industry in Portugal.

12.

Observations sur le Frai de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* (Lmk.), Dates Précises de Frai et Facteurs Provoquant l'Emission de Produits Génitaux.

Par H. Bouxin
Laboratoire de Biologie Marine du Collège de France à Concarneau.

Durant sept années, de 1933 à la guerre, j'ai observé dans la région de Concarneau (Finistère) le frai de diverses espèces de lamellibranches marins, notamment de la moule commune, *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* Lmk.[1])

1. Techniques usuelles.

Les travaux sur le frai de la moule sont extrêmement nombreux. Les auteurs qui s'en sont occupés n'ont pas eu, en général, la possibilité d'observer les émissions elles-mêmes. Ils ont dû se contenter d'en induire l'époque soit d'après l'état des glandes génitales, soit en observant la présence de larves dans le plancton, soit, enfin, d'après la possibilité de fécondations artificielles. Or, si utiles que soient des observations de ce genre, elles ne permettent d'atteindre qu'à une probabilité, de circonscrire qu'une époque relativement peu précise.

La présence d'éléments génitaux mûrs indique que la reproduction est possible à la date de l'observation, mais non que l'émission naturelle soit proche. Si Chipperfield (1953) estime que chez *M. edulis* il ne s'écoule que peu de semaines entre la maturité des éléments génitaux et le frai, Lambert (1939), pour *M. edulis*, et Young (1942), pour *M. californianus* Conrad, pensent qu'il peut s'écouler plusieurs mois entre les deux. Personnellement, j'incline à me ranger à leur avis, au moins pour des animaux très bien nourris; une nourriture abondante accélère l'élaboration des éléments génitaux après la dernière émission de l'année. Encore même faut-il bien préciser ce que l'on entend par maturité sexuelle. Ainsi que l'a montré Field (1923) pour *M. edulis* la vésicule germinale peut être déjà bien développée, la queue du spermatozoïde bien distincte, alors qu'il leur faut encore une période de repos de plusieurs semaines avant qu'ils ne deviennent fonctionellement actifs. De son côté, Young (1942) a montré que chez *M. californianus* une gonade mûre peut ne pas répondre à un stimulus auquel serait sensible une gonade presque vide.

De même, provoquer une émission et obtenir une fécondation artificielle prouve qu'à l'époque de l'expérience la reproduction est possible, mais ne prouve pas du tout que le frai ait lieu à ce moment dans la nature. Quand les produits génitaux sont mûrs, en effet, leur émission peut être provoquée par quantité de stimuli "non naturels". J'ai souvent observé au cours d'expériences qu'une variation rapide de température d'une dizaine de degrés, le séjour pendant quelques heures en milieu très confiné et non aéré, le brossage de la coquille, l'arrachage du byssus ou même sa simple section suffisaient à déclencher le réflexe d'émission. L'on peut dire que, chaque fois qu'une moule mûre se trouve dans de mauvaises conditions, elle se débarrasse de ses produits génitaux.

2. La technique employée.

Je me suis donc efforcé, pour obtenir des dates de frai qui eussent la plus grande valeur écologique possible, d'observer directement les émissions en éliminant au maximum ces stimuli.

A cet effet, j'ai procédé comme il suit. 210 moules adultes, mais non vieilles, étaient choisies comme sujets d'observation. Elles demeuraient fixées, isolées, sur des valves vides et plates de *Pecten*, utilisées comme collecteurs, afin qu'il fût aisé d'éliminer la vase qui aurait pu s'accumuler entre elles. Je les avais divisées en 7 groupes, un par jour de la semaine. Chaque groupe vivait dans un panier à larges mailles disposé vers le

[1]) Des recherches taxonomiques sur lesquelles je ne puis m'étendre ici m'ont conduit à considérer que *M. galloprovincialis* Lmk. n'est qu'une variété de la "grande" espèce *M. edulis* L. Toutes les moules "comestibles" vivant dans la région de Concarneau appartiennent à cette variété.

niveau de la basse-mer de morte eau le long d'une cale située dans l'arrière-port de Concarneau. Grâce à cette cale l'on pouvait à toute marée sortir de l'eau le panier du jour. Dans un hangar voisin se trouvaient disposées deux cuvettes à fond plat et large ouverture, émaillées de blanc à l'intérieur. Elles pouvaient contenir chacune environ 20 litres d'eau de mer. Chaque jour un nouveau groupe de moules était mis en observation; il était changé de cuvette après 12 heures; au bout d'une journée il retournait à son panier dans la mer. Ainsi les animaux se reposaient-ils 6 jours sur 7 dans leur milieu naturel; ils n'étaient même pas touchés à l'occasion de leur séjour en cuvettes; seules, les valves-collecteurs étaient manipulées. De plus, ils ne s'y trouvaient pas dans des conditions asphyxiques; il était facile de s'en rendre compte, soit absolument par dosage de l'oxygène de l'eau des cuvettes, soit plus simplement d'après l'entrebaillement des valves. Pendant les pointes de chaleur, au reste, l'eau était renouvelée aussi souvent qu'il le paraissait nécessaire.

A l'occasion de chaque changement d'eau, plus fréquemment si possible, on regardait s'il n'y avait pas de dépôt de produits génitaux, bien visibles sur le fond brillant de la cuvette.

J'ai recueilli ainsi de 1933 à 1939 de nombreuses observations de frai. Ce n'étaient pas des émissions provoquées, ainsi que j'ai pu le constater en comparant les pontes de mes animaux avec celles de moules traitées sans ménagement pour un usage commercial dans un parc voisin du lieu d'expérimentation.

On peut objecter à cette technique que le nombre des animaux examinés chaque jour est faible. Des émissions pourraient donc échapper à l'observation. Cette objection n'est valable que dans le cas de faibles émissions. De toutes manières, la première ponte de l'année, qui est massive, ne peut passer inaperçue.

3. Comportement et âge des moules lors du frai.

La première émission de l'année se produit avec un caractère de violence extrême. Un des individus (généralement un ♂) commence à entrebailler largement ses valves puis, les refermant un peu, se met à lâcher son sperme en jets blancs, violents et fins. Au bout de quelques minutes d'autres ♂ l'imitent. Ensuite, parfois après un temps de latence d'un quart d'heure, les ♀, qui ont aspiré de l'eau chargée de spermatozoïdes, commencent à réagir. Elles émettent à leur tour leurs ovules en petits jets rosés, violents, discontinus. La ponte dure plusieurs heures avec des intervalles de repos. Si l'on recueille les œufs, on constate que tous les ovules ont été fécondés, soit à l'extérieur soit dans la cavité palléale; il n'y a que très peu de polyspermie malgré la concentration du sperme.

Après le frai, les moules sont totalement épuisées; elles demeurent fragiles pendant près d'une semaine.

J'ai vu des moules frayer dès l'âge d'un an mais, normalement, surtout chez les ♀, la maturité ne paraît atteinte qu'à deux ans. Les moules qui fraient mesurent d'ordinaire au moins 30 mm. La maturité sexuelle me semble toutefois être chez cette espèce davantage fonction de l'âge que de la taille; j'ai observé la ponte de moules de deux ans qui, ayant vécu à un niveau supérieur à celui de la mi-marée, ne dépassaient pas 15 mm.

Enfin, il est important de noter que la même moule peut frayer deux ou, plus rarement, trois fois au cours d'une année; je l'ai vérifié à plusieurs reprises sur des individus numérotés.

4. Les dates de frai.

Relevées à partir de Janvier 1933, elles sont rassemblées dans le Tableau 1.

Tableau 1.

Mois/Année	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Février...	—	—	—	—	1	—	—
Mars.....	21	—	5	6–9	18, 21	14	11
				23			
Avril	6	11, 30	—	—	9, 10	19	3
Mai.....	2, 10	27	3, 4	5, 6	21	5, 17	10, 11
	24, 25						
Juin	7, 14	21	—	—	18	9	—
	15				23–27		
Juillet ...	—	19	3, 9	—	23	—	2, 30
Août	21	—	—	—	—	—	—
Sept.	—	17, 18	—	—	—	—	—

5. Signification des dates.

Ces dates ne doivent être considérées que comme des "jours préférentiels" au cours de périodes de reproduction dont on peut estimer qu'elles s'étendent au moins de la première date observée à la dernière. Les auteurs s'accordent, en effet, pour penser qu'il n'y a pas chez les lamellibranches de phases discontinues dans la période globale de reproduction.

Il y a toutes chances pour que les dates observées correspondent aux "poussées" les plus importantes qui se produisent au cours de la période de reproduction. Mon interprétation s'appuie sur l'observation de la quantité de larves dans le plancton du Moros, rivière de Concarneau, et sur celle de la quantité et de la taille du naissain que l'on y trouve fixé sur les collecteurs à chaque grande marée[1]).

La période de reproduction chez la moule de Bretagne est donc très longue. Elle s'étend du début de Mars (exceptionellement du début de Février) à la fin de Juillet (exceptionnellement mi-Septembre). La première émission annuelle est massive. Les émissions suivantes restent puissantes jusqu'en Juin. Entre les émissions les plus importantes du printemps et après

[1]) La présence de petites moules presque tout au long de l'année dans les moulières ne contredit pas l'hypothèse d'une période de reproduction limitée à 8 mois environ. En effet, qui dit "très petites moules" ne dit pas nessairement "très jeunes moules". Les jeunes individus qui sont emprisonnés dans le réseau de byssus des vieilles moules, se nourissant mal, poussent souvent très peu, quand ils survivent.

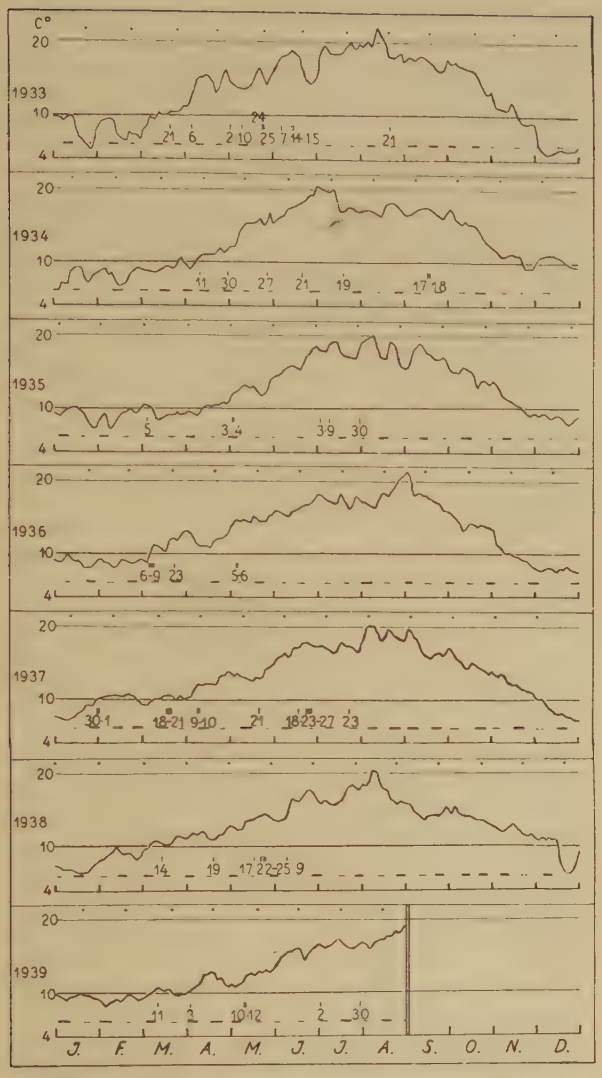

Figure 1. Dates de frai et facteurs du milieu.

● Nouvelle lune.

~~~ Courbe des températures de l'eau de mer à Concarneau, en degrés centigrades.

20 — Ligne isotherme de + 20° C. servant à repérer les températures de la courbe.

10 — Idem pour la ligne de + 10° C.

$\frac{2}{1}$ Jour de frai.

— — Périodes de vives eaux (coefficient de la marée supérieur à 72).

4 |___| Limites des mois successifs. La ligne portant ces limites est confondue avec l'isotherme de + 4° C.

Juin se produisent des émissions partielles auxquelles ne participe qu'un nombre assez restreint d'individus.

Ces résultats, s'ils diffèrent des conclusions de Chipperfield (1953), concordent assez bien avec ceux qu'à obtenus M. Lebour (1938) à Plymouth. On pourrait admettre avec Runnström (1927) que la durée de la période de reproduction doive augmenter à mesure que l'on s'éloigne des régions arctiques.

6. Les facteurs naturels provoquant le frai.

Si l'on se garde de raisonner sur des émissions "provoquées", il ne reste qu'à rechercher des coincidences — que l'on pourrait considérer comme des corrélations — aussi étroites que possible entre tel ou tel facteur naturel et le frai pour en déduire une causalité éventuelle.

A. Les rythmes. Le rythme lunaire a été observé dans la reproduction de divers invertébrés marins, notamment par Amirthalingham (1928) chez le *Pecten opercularis*. Battle (1932), contrairement à Fox (1922—23) pense qu'il existe peut-être chez la moule. Je n'ai pu le détecter. Si en 1934, d'Avril à Juillet, les dates de ponte ont pu suggérer un tel rythme, cette coincidence ne s'est pas confirmée les autres années (cf. Figure 1).

Battle (1932), Berner (1935) et Whedon (1936) croient que l'émersion aux heures chaudes déclenche le frai; Field (1923) et Young (1945) sont d'avis contraire. Il me semble qu'il s'agit plutôt de l'action d'une forte élévation de température que de l'influence de la marée proprement dite. Je l'ai vérifié expérimentalement et, par ailleurs, mes paniers demeurant à l'ombre de la cale, je n'ai pas observé de rythme de marée (cf. Figure 1).

Par contre, en période de frai un rythme diurne est bien établi. Sauf le cas de frai provoqué les moules ont toujours frayé de nuit ou aux approches de la nuit. Il était exceptionnel qu'une émission commençât avant 18 heures.

B. Facteurs occasionnels. De la comparaison des dates de frai avec les conditions météorologiques du moment, il semble résulter qu'elles ne jouent aucun rôle. Les émissions se sont produites aussi bien par tempête que par temps calme, par pression barométrique élevée que par pression basse, par pluie continue, par brume, par grains que par temps sec et clair.

Berner (1935) et Young (1942) estiment, contrairement à Field (1923), qu'une variation brusque de la salinité peut déclencher le frai chez la moule. Il se peut que, dans l'estuaire du Moros, de telles variations jouent un rôle dans les premières émissions, la fin de l'hiver et le printemps étant souvent pluvieux à Concarneau, mais il ne paraît pas y avoir coincidence rigoureuse. Aux coincidences observées en Avril et Septembre 1934 s'opposent d'autres observations de frai par beau temps. La variation brusque de salinité ne serait qu'un stimulus "adjuvant".

On sait aussi que la présence de produits sexuels dans l'eau de mer déclenche le réflexe de ponte. L'excitation serait peut-être spécifique.

C. La température. Son influence a été très discutée et l'on peut se demander s'il existe chez les lamellibranches des températures "critiques", en deçà desquelles le frai soit impossible?

Selon les auteurs les divergences sont extrêmes, non seulement d'un genre à l'autre, mais aussi entre les espèces d'un même genre et parfois entre différentes colonies d'une même espèce.

L'influence de la température serait douteuse chez
~~~

M. californianus (Whedon, 1936; Young, 1945). *M. recurvus* ne fraierait qu'au delà de 24—25° C. (Nelson, 1928).

Chez *M. edulis* les conclusions sont contradictoires. Ou bien il n'existerait pas de corrélation marquée entre frai et température de l'eau (Battle, 1932), ce qui s'accorderait avec une periode de frai susceptible de s'étendre à toute l'année dans un pays aussi froid que le Danemark (Runnström 1927), ou bien la température critique serait de 9 à 10° C. (Lambert 1939), 9·5 à 12·5° C. (Chipperfield 1953), 10 à 12° C. (Nelson 1928).

De même, tandisque Berner (1935) croit la moule plutôt sensible à un accroissement rapide de température qu'à un seuil de température, Field (1923) est d'avis contraire.

Sans aller jusqu'à grouper les lamellibranches aussi systématiquement que l'a fait Nelson (1928) selon des températures critiques de frai distantes de 5 en 5° C., il est permis de penser (cf. les relevés de Runnström 1927) que plus le seuil thermique de reproduction d'une espèce est bas, plus sa répartition est étendue. La corrélation peut n'être pas totale, ainsi que le montrent les beaux travaux de Thorson sur les invertébrés benthiques du Groënland (1936) et sur ceux de l'Øresund (1946).

Personnellement, j'ai abouti aux conclusions suivantes:—

1° Sous réserve d'un "temps de latence" pouvant dépasser une heure et du fait que je n'ai pu raisonner que sur les températures diurnes moyennes sans tenir compte des variations rapides d'une durée inférieure à la demi journée, j'estime que les moules fraient plutôt en période de variation de température que quand la température est stable. J'ai observé que, dans 65 % des cas, le frai avait lieu en période de température croissante, dans 22 % des cas par température stationnaire, dans 13 % des cas par température décroissante. Ces proportions sont valables pour la moule, mais sont différentes chez d'autres lamellibranches, ainsi que je le montre dans une autre publication en cours.

2° Par ailleurs, j'ai observé avec une extrême netteté que les moules émettaient leur frai dès que la température atteignait 10° C. Ce seuil de température était toujours le même, que le début de l'hiver eût été froid ou doux. Il en est résulté une variation très grande dans la date du premier frai: 1er Février en 1937, 11 Avril en 1934 alors que, normalement, le frai se produit courant Mars.

Il existe donc, pour cette espèce, une température critique de frai très stricte, correspondant à la température diurne moyenne de 10° C. J'estime valable de raisonner sur la température diurne moyenne car, si, comme l'ont fait remarquer Galtsoff (1938) et nombre d'autres auteurs avec lui, la température de l'eau en surface près de la côte peut varier au cours de la journée, à Concarneau la variation, qui peut atteindre de 3 à 5° C. en été, n'est que de l'ordre de 1° C. au début du printemps. Elle peut même être encore plus faible quand le ciel est couvert, ce qui est souvent le cas en cette saison.

J'ajouterai que si, après que l'eau a atteint 10° C. pour la première fois, sa température vient à baisser pendant quelques jours, ce qui peut arriver quand l'échauffement annuel a débuté précocement, le frai cesse aussitôt; il n'est susceptible de reprendre que quand l'eau atteint à nouveau 10° C.

En résumé, il semble que l'on puisse concevoir les *périodes de frai* comme conditionnées par deux facteurs fondamentaux: une maturation plus ou moins longue, dépendant de la nutrition et de la température au cours de ce processus (automme et hiver) puis une température critique de frai, sensibilisant, peut-être par simple activation du métabolisme, des animaux chargés de produits sexuels arrivés à maturité.

Une fois qu'ils sont parvenus à cet état instable, les *dates de frai* dépendraient de facteurs secondaires, de stimuli en quelque sorte "instantanés", qu'ils soient d'ordre physique, variations brusques de température ou de salinité, chocs, tiraillements, ou bien d'ordre chimique, émission de substances diffusées dans le voisinage par des éléments génitaux ou, peut-être même, par des algues.

Il serait souhaitable que des observations de ce genre puissent être suivies tout au long d'une côte s'étendant sur de nombreux degrés en latitude, comme la côte française de Dunkerque à Biarritz. Il est possible que le seuil thermique varie légèrement selon la latitude mais, si les conditions de nutrition, notamment, demeurent très bonnes (estuaires drainant une eau riche en matières organiques), il paraît très vraisemblable que de telles observations comparatives confirmeraient l'ensemble des présentes conclusions.

13.

Mussel Culture in the German Waddensea.

By P. F. Meyer-Waarden

For several years we have been seriously endeavouring to develop in Germany a mussel culture according to the Dutch pattern. Although there were great difficulties at the beginning, partly owing to the general lack of interest, partly owing to deficient experience, last but not least because of an insufficient organization, it might be said, that these difficulties have now been eliminated.

There exist already single enterprises, and also groups with enough capital, who are ready to perform pioneer work in this field of fisheries which has up to now been neglected in Germany, and who have already begun cultivating mussel beds. Among these people there are even some fishermen and groups of fishermen.

A considerable number of mussel beds have already been cultivated and protected. Most of them can be harvested this year.

Finally it was also possible to unite all enterprises in a selling centre, so that it is guaranteed that the marketed mussels are of good quality, carefully sorted and free from sand.

Since the *Mytilicola* disease in the East-Friesian Waddensea is not yet finished, we confine the cultivating of mussel beds to the Waddensea area off the west coast of Schleswig-Holstein, and to the Flensburg Förde off the eastside of Schleswig-Holstein, which are free from the disease. As soon as the disease is over, we intend also to cultivate mussel beds off the East-Friesian coast, where smaller mussel beds had already existed prior to the war.

I. In the Flensburg Förde 4 large mussel beds had been cultivated and protected during recent years. One of these mussel beds had already been harvested in the fall of 1953. The mussels were 55—70 mm. in size. The output amounted to about 1000 tons. In the spring of 1954 the beds were again stocked with 1000 tons of half-grown mussels which will now be harvested. As these mussels have not grown in the tidal area and as the water of the Flensburg Förde is of lower salinity than the North Sea, the mussels of the Flensburg Förde are distinct in their quality from those of the North Sea. They grow more quickly, have thin valves and a different taste. As this mussel reaches 70 mm. in size, it is too large for export. It is therefore in the first instance used for home consumption.

II. During the last two years, mussel beds have been cultivated in about 10—15 areas off the west coast of Schleswig-Holstein. All of them are protected by the North-Friesian isles and situated on the slopes of larger channels (Priel) with favourable currents from NNW. Only the beds off the outer Elbe area in the Waddensea off Büsum and Friedrichskoog are situated off the open shore and are partly endangered by the current and the sand carried with the flood. The cultivators of the mussels therefore intend to transfer these mussel beds to the area protected by the isles north of Büsum.

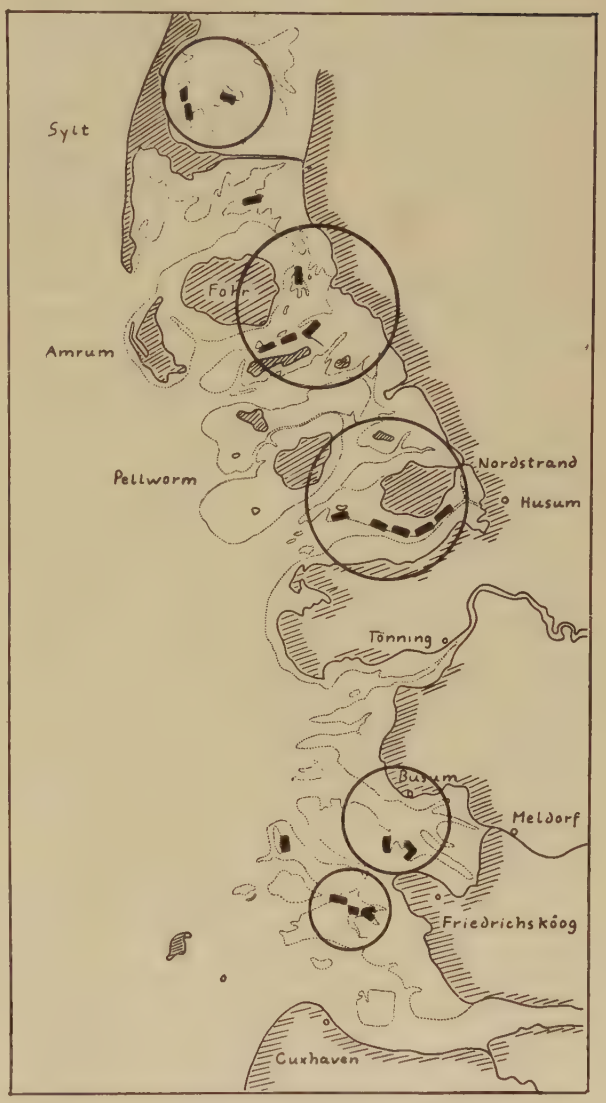

Figure 1. Districts of cultivated mussel beds.

The mussel beds can be divided into the following districts (see Figure 1):—

1) Mainland—Isles of Sylt,
2) Mainland—Isles of Langeness and Föhr,
3) Mainland—Isles of Nordstrand and Pellworm,
4) Waddensea area off Büsum,
5) Waddensea area off Friedrichskoog (east of the outer Elbe).

It is difficult to give data on the size of the cultivated mussel beds. They are not sub-divided into parcels as in Holland and their size is very variable. The possible yield of these mussel beds can also not yet be estimated. It is, however, supposed that the total output will at least reach 7,000 tons this year, viz. approximately the total production of the recent year. Losses due to the hard winter are scarcely noticeable, as the mussel beds are situated relatively deep. They are also completely free from *Mytilicola*. An investigation made in the middle of September indicated an average size of 50—60 mm. and a meat proportion of 33 %.

III. Beside these cultivated mussel beds there exist a considerable number of productive natural mussel beds. Most of them have, however, suffered seriously from the rough winter. The greatest of these natural mussel beds is the so-called "Gelbsand" in the Elbe estuary. Owing to the good food conditions, a wild mussel grows there with an extremely large meat proportion (30 %). But owing to its thin valves, this mussel is not appreciated for commercial utilization. Moreover, there is trouble about the ownership of this sand bank between Schleswig-Holstein and Niedersachsen. Other productive natural mussel beds are situated off Cuxhaven near Scharhörn and Neuwerk on the western side of the outer Elbe. Here too we have large areas with well developed mussels, but they are not free from *Mytilicola* and can therefore only be utilized for home consumption.

IV. Beside the above mentioned mussel beds there exist cultivated or natural mussel beds in the following districts of the East-Friesian Waddensea (see Figure 2):—

1) Mainland—Isles of Wangerooge and Spiekeroog,
2) Mainland—Isles of Norderney and Juist,
3) Mainland—Isle of Borkum.

As far as these are cultivated mussel beds, they existed already before the war. To-day they are not so important, as they are heavily infested. Moreover, most of them are situated on high ground, so that they have been badly damaged by the winter. The mussel stocks of that area are equally only suitable for German home consumption.

According to our experience the Waddensea areas off the East-Friesian coast and also off the west coast of Schleswig-Holstein are extremely suitable for cultivating mussel beds. There exist a great number of channel systems, the flood conditions are very favour

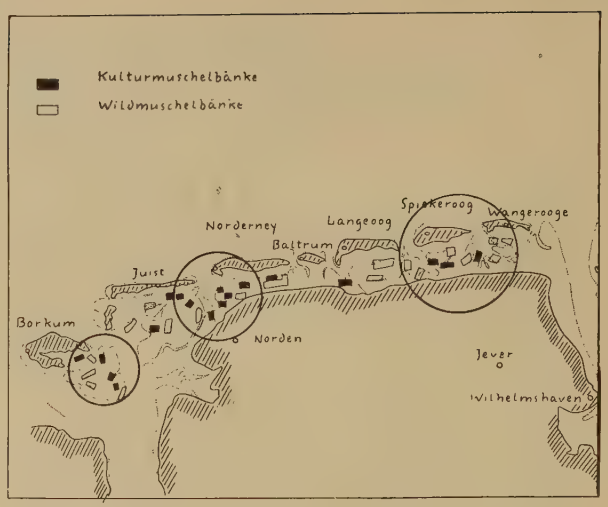

Figure 2. Districts of mussel beds in the East-Friesian Waddensea.

able and the food value of the water in the German Waddensea is particularly high owing to the rivers Elbe, Weser, Ems and some other smaller rivers. According to the investigations made by Kühl and Mann (1953, 1954) of my Institute of Inshore and Freshwater Fisheries, which belongs to the Federal Institute of Fisheries Research, the river Elbe transports annually about 600 tons and the Ems 65 tons of phosphorus as dissolved PO_4. There is probably another unknown amount of phosphorus connected with organic substances. Thorough investigations have shown that this fertilizing effects an extraordinary production of plankton, which in this area amounts to 100,000 cells per l. as stated by Thienemann (1934). Considering that the mussels have an excellent filtering ability (a mussel filters on the average 2 l. of water per hour), and that according to Linke's (1954) estimate, a moderately stocked mussel bed is filtering the total water content of that Waddensea area free from bacteria within $1^1/_2$ months, one can judge the importance which the additional fertilizing by the rivers has for our mussel beds.

Summary.

The earlier success in mussel fisheries has encouraged Germany now to cultivate mussel beds according to the Dutch pattern. They are situated off the west coast of Schleswig-Holstein and are already partly harvested this year. In the East-Friesian Waddensea area no mussel beds are cultivated at the present time, because the *Mytilicola* disease is still in existence. Investigations have proved that the German Waddensea is very suitable for mussel culture, owing to its structure as well as to its hydrographical and biological food conditions.

14.

Mussel Culture in the Dutch Waddensea.

By B. Havinga

Abstract.

Due to the disastrous losses caused by the mussel parasite *Mytilicola intestinalis* to the mussel culture in Zeeland, since 1950, the mussel growers had to look for other possibilities. They found a way out by transferring this culture to the western part of the Waddensea. In 1953 by far the greatest percentage of the mussels was produced in the Waddensea. In this paper a description is given of the hydrographical conditions in this area, and of the development of the mussel culture. Further it is demonstrated that this culture can contribute very efficiently to the increase in production of human food in the sea.

Hydrography of the Waddensea.

The western part of the Waddensea, in which the mussel culture is being carried out at present, is situated between the Wadden islands Texel, Vlieland and Terschelling, the meridian of 5°28′ E., the Friesian coast and the enclosing dike between the Waddensea and the Lake Yssel (see chart). The surface of the area is about 1360 km².

Like the whole Waddensea, this area consists of shallows, mud, and sand banks, more or less emerging above the low-water level with channels between.

The channels belong to three systems: one, Texelstroom, entering between the mainland and the Isle of Texel, one between the Isles of Texel and Vlieland and the third one, Vliestroom, between the Isles of Vlieland and Terschelling.

There is some intermixture of the water in the first and third system; the middle one is isolated. In the area of the middle system no mussel culture is carried out, because the ships of the mussel growers cannot pass the flats around it, in which no channels occur.

The difference in level between low and high tide is about 1·5 m.

The currents in the channels are strong 1—1·5 m./sec. gradually slowing down towards and on the flats.

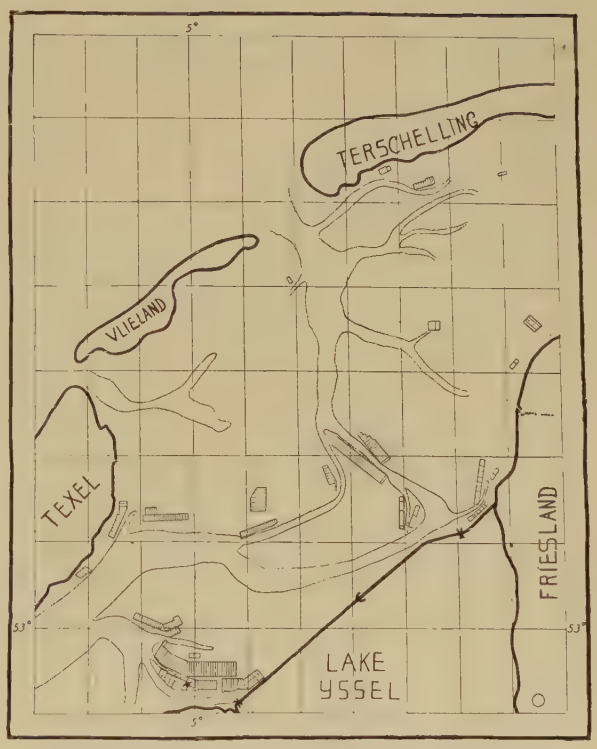

Figure 1. Chart showing the area of Dutch mussel culture.

As the channels are broad and deep, large quantities of North Sea water are transported into the area at each flood.

At low tide the quantity of water in this area of the Waddensea amounts to 4·5 km.³, during the flood a quantity of 2 km.³ of North Sea water is added by the tidal currents (Verwey, 1952).

In addition an average quantity of 0·014 km.^{3} fresh water enters at each tide from Lake Yssel. The fresh water, however, is for the greatest part discharged in autumn and winter; in spring and summer, the period of food production, the quantity is considerably smaller.

Notwithstanding the admixture of relatively great quantities of North Sea water at each tide the area has its own character. For example, with regard to salinity and temperature the water is different from the North Sea water (Postma and Verwey, 1950; Postma, 1950).

Discharge of fresh water from Lake Yssel through the sluices at both sides of the enclosing dike, and from other less important sources, exerts an essential influence on the salinity. The lowest values usually occur in the south-western part, as all the fresh water from the western sluices of the Lake Yssel is discharged through the Texelstroom and in addition a part of the water from the eastern sluices. During the periods of discharge of fresh water the salinity in the SW. and central part of the area can be 5 $^0/_{00}$ lower or even more than the entering North Sea water. The water entering the Waddensea from the sluices spreads over the salt water, mixture with the underlying salt layers takes place very gradually. Consequently the bottom water has a relatively high salinity quite near the sluices.

Observations indicate that under normal wind conditions it takes 1 to $1^1/_2$ months to raise the salinity of the Waddensea to the level of the North Sea when discharge of fresh water is stopped (Postma, 1950).

There is also a difference in the temperature of the water. It follows the temperature of the atmosphere faster than that of the North Sea water. In this connexion the presence of extensive shallows and banks exerts an important influence. In summer the average temperature is about 3° higher than in the offshore water of the North Sea, in warm periods the difference is still greater; in winter the average temperature is about 4° lower. In severe winters nearly the whole surface is covered with ice.

Another characteristic of the Waddensea water is its turbidity. The average quantity of suspended matter may be estimated at about 25 mg./l. (dry weight at 120° C.), 3 mg. (12 $^0/_0$) of this quantity is organic substance (Verwey, 1952).

The Development of mussel culture.

The hydrographical conditions of the Waddensea —not only the part that has been described above, but also the part more to the east—form an optimal habitat for the mussel. In many years large quantities of young mussels are produced, that settle on the flats, forming sometimes mussel banks with a surface of many ha. Less extensive mussel banks are also formed along the slopes of the channels below low-tide level. In many places, especially the deeper ones, the young mussels can grow up well under natural conditions, and they can attain such a good quality that they are quite fit for human consumption. These "wild" mussels have from olden times been fished and landed for the market in moderate quantities.

In other places, however, the young mussels accumulate so densely that the food supply for each individual is insufficient for good growth. They can live here for some years reaching a length not exceeding 3 or 4 cm. This phenomenon is generally seen on the flats falling dry at low tide. In deeper water the density on the banks is often substantially reduced by starfish.

The task of the mussel grower consists in selecting a suitable ground, regulating the growth by creating a density of population in accordance with the food supply, combating enemies, especially starfish, and harvesting at the appropriate age. To have the opportunity for this whole business the mussel grower must possess exclusive rights on a part of the sea bottom.

Previous to 1950 only one person carried out mussel culture in this area. The annual yield varied generally between 500 and 1000 tons. That this opportunity was not more extensively used must be ascribed to the position of the market. The Zeeland mussel growers were able to produce enough mussels to fulfil the requirements of the market. This situation changed as in 1950 the *Mytilicola* disaster caused a serious depletion of the mussel stocks (Korringa, 1952). To satisfy the requirements of the market the Zeeland mussel growers began fishing the wild mussels from the Waddensea banks. These mussels, however, were the traditional material for the Waddensea fishermen who delivered them mostly to the duck farms. When, due to the intensive fishing, the wild mussels became scarce, these Waddensea fishermen received as compensation the right of mussel culture on plots of ground leased to them for private use. The plots were situated in the SW. part of the area.

In addition, some other Zeeland mussel growers had found favourable grounds south of the Isle of Schiermonnikoog. Their effort led to complete success; the culture, however, had to be discontinued there as *Mytilicola* was also detected, sporadically, in the extreme eastern part of the Dutch Waddensea, and it was deemed undesirable to accumulate large quantities of mussels in the neighbourhood of infested grounds.

Consequently the whole culture was concentrated in the western part of the Waddensea, the area drawn on the chart.

In the spring of 1951 a number of plots were allotted to Zeeland mussel growers. The results were very satisfactory and, as the situation in the Zeeland waters did not show any sign of lasting recovery, the number of plots increased steadily. In 1954 a total of 273 plots was reached. They have all been shown on the chart.

The plots are not uniform in size, and besides most of them can only partly be used for culture. It is perhaps a good estimate to take 5 ha. as the average surface per plot suitable for culture.

The course of the development of the culture in the Waddensea is shown in Table 1.

Table 1.

Development of the mussel culture in the Waddensea.

Year December	No. of plots	Quantity in tons	Value in 1000 Fl.
1950.....	14	1,500	150
1951.....	76	21,000	2,000
1952.....	133	28,000	2,800
1953.....	184[1])	47,000	4,800

There is a great demand for more plots, which it is not always possible to satisfy. Firstly the hydrographic conditions and the bottom must be favourable, and further the traditional rights of other fishermen, fishing for shrimps, anchovy, whelks etc., must be safeguarded.

Good growth and good quality can only be obtained on grounds situated on the slopes of the channels where the velocity of the current is sufficient to provide a rich supply of food. On the flats, even when they are below low-water mark, the mussels do not fatten well. These grounds, however, are quite suitable for the growing of young mussels, which after they have reached a medium size can be relaid on the fattening grounds along the deeper channels.

The growth of the mussels is excellent: mussel seed, born in the previous spring and settled under natural conditions, when relaid on the plots in the early spring can attain a marketable size, about 5·5 cm. length, and prime quality, in the early winter of the same year. This can, however, only be reached on the deeper grounds, and the shells are then usually very thin and fragile.

The question arises whether the excellent growth and the fertility of the water causing it, must be ascribed to the admixture of fresh water from Lake Yssel. This water is rich in plankton in summer and contains a considerable amount of nutrient salts in winter. It may be supposed that this exerts a favourable influence on the food production in the Waddensea. If this fresh water exerts a considerable influence on the fertility, the conditions for good growth and fattening would be more favourable in the western part of the area than in the eastern part. In fact, however, the growth and the quality on the plots near the Isle of Terschelling, where the direct influence of the fresh water can be neglected, is about the same as in the western part where the influence of the fresh water is maximal. As mentioned above a good growth was attained also still farther to the east, near the Isle of Schiermonnikoog.

One may, therefore, conclude that in the whole Dutch Waddensea conditions for growth are favourable independent of the admixture of considerable quantities of fresh water.

Although it is possible to obtain marketable mussels after a sojourn on the plots of one summer under favourable conditions, in many cases it is necessary to leave them there for a second summer. In a well established culture it is even desirable to have at least 2 plots at disposal, one for growing of half grown mussels, and one for fattening. Although the mussel seed can be fished on the public grounds, it is a safer procedure to have a stock of young mussels in private possession, for in some years the mussel seed is scarce, especially in spring, when on many places the natural stocks are depleted by storms, ice, and starfish. These risks can be avoided by fishing the half-year-old mussel seed in autumn, and relaying it on selected plots, where they are protected against unfavourable influences. The rate of survival can then be increased considerably. In 1954, there was a scarcity, because during the severe winter nearly all the mussels were carried off from the flats by the ice at the very low tides that occurred at that time.

[1]) In the first half of 1954 this number increased to 273, on which during 1954 mussels are being cultivated.

Productivity of the area.

Table 1 above shows that in the year 1953 nearly 50 million kg. mussels have been produced in the western part of the Dutch Waddensea, containing an edible portion of 9 million kg., with a value of 4·8 million guilders. The whole production of fish in this area for direct human consumption is about 0·5 million kg., of shrimps 1·2 million kg., equivalent to 0·4 million kg. of meat, and of other shellfish 0·4 million kg., containing 0·1 million kg. of meat. So the whole production of edible animal substance originating from fish and shellfish amounted to about 1 million kg. or 7 kg. per ha. In addition about 3 million kg. of fish and shrimps are caught for reduction to fishmeal; if the value for human food of this quantity is estimated at 0·8 million kg., the whole production would amount to 1·8 million kg. human food, or 13 kg. per ha.

The introduction of mussel culture has caused an increase in production of animal human food of 9 million kg., nearly 70 kg. per ha., an increase, therefore, of about 450 %. If a market could be found for the product and if the interests of the fishermen catching fish and shrimps had not to be safeguarded, the production could perhaps be doubled.

With this yield the productivity is, however, not exhausted. Verwey (1952) states that between 6 and 12 million adult cockles occur in about the same area as is being dealt with here. Part of this stock could be fished annually without interfering seriously with the density of the population. It may be assumed, therefore, that cockles can yield another 10 or more million kg. food substance annually. This would increase the potential annual yield per ha. by 70 kg. and the total potential production per ha. in the Waddensea would then be 140 kg. mussels, 70 kg. cockles, and 7 kg. of other fish and shellfish, together 217 kg.

The explanation of such a high production per ha. in our latitude, is certainly that mussels, and also other bivalves, take as food the primary product of

assimilation, the phytoplankton and its disintegration products. Although it is not known which part of the phytoplankton mussels can use as food, it may be assumed that they can utilize a considerable portion of it. It is also very probable that the minced and disintegrated parts of larger algae play an essential part in the supply of food. These algae, especially *Ulva lactuca*, grow in enormous quantities over the whole area in summer.

Strictly speaking the plankton needed for the high yield is not really produced in the area itself. Each flood tide transports a relatively large quantity of North Sea water into the Waddensea containing plankton and nutrient salts that can be converted into phytoplankton. When passing the cockle and mussel-beds this is partially taken as food and digested, partially deposited as faeces and pseudofaeces. Disintegration and mineralization of the animals and of the pseudofaeces yield new salts for assimilation by the phytoplankton. The Waddensea, therefore, acts as an accumulating basin. VERWEY (1952) has described this phenomenon extensively, and I may refer to his paper.

The important share of the North Sea water in the supply of food for bivalves implies that the production of bivalves in the Waddensea is not exclusively dependant on the autochtone productivity of this area. Considering the enormous quantities of organic material and nutrient salts that are flowing into the area at each tide, one may be optimistic about the possibility of maintaining the present yield in the future, or even of extending it.

It is often claimed that the production of animal protein should be increased as the diet of so many people shows a deficit. On the other hand the plankton of the sea provides an inexhaustible source of food and the only problem is to collect it and to convert it into edible substance.

Our mussel culture in the Waddensea is an example how this problem under certain conditions can be solved, and generally speaking we may say that in those parts of the sea where bivalves can be cultivated this culture provides a very effective opportunity for converting plankton into human food in great quantities, a source of food that otherwise would be completely lost.

15.

Croissance des Moules du Boulonnais.

Par H. Brienne

I. Matériel étudié.

Des moules provenant de la digue nord du port de Boulogne-sur-Mer ont été réparties, par tailles, dans les différentes compartiments d'une caisse métallique, de la façon suivante:

moules de 20 à 29 mm., dans le compartiment No. 1
— - 30 à 39 mm., — - — No. 2
— - 40 à 49 mm., — - — No. 3

Cette caisse, scellée sur les rochers d'un parc de culture à plat de moules situé au sud de la plage de Wimereux, découvrait aux marées moyennes, soit environ 20 jours par mois.

II. Tailles observées.

Les mensurations ont été faites en mm. La totalité des moules a été mesurée en Février 1953, début de l'expérience. Puis, en Mai, Juillet, Août, Octobre et Décembre 1953, Février 1954, ont été mesurés une fraction des moules mises en expérience et le naissain, né de ces moules et que nous supposons fixé à une taille de 1 mm. en Février 1953, période de la première fixation des moules dans le Boulonnais.

Les tailles moyennes de chaque groupe de moules aux différentes périodes de mensuration sont indiquées dans le tableau adjoint.

L'examen de ces résultats montre que: les différentes étapes de la croissance des moules du Boulonnais, dans les conditions où nous nous sommes placés, sont approximativement les suivantes: —

20 mm. au cours de la première année
15 mm. - — - - deuxième —
10 mm. - — - - troisième —
5 mm. - — - - quatrième —

La taille marchande de 40 mm., fixée par le Decrét du 18 Mai 1921 est atteinte par les moules à l'âge de 2 ans et demi.

Tailles moyennes de moules.

Dates 1953—54	Naissain	Moules du compartiment		
		1	2	3
	mm.	mm.	mm.	mm.
18 Février ...	1·0	24·0	34·2	42·2
5 Mai.....	5·2	27·6	36·3	43·4
2 Juillet	9·6	32·4	38·7	45·1
14 Août	11·3	35·8	40·4	45·9
26 Sept.	12·4	38·5	42·4	46·2
17 Déc.....	17·2	38·8	44·0	46·2
8 Février ...	18·3	39·5	44·3	46·2

III. Conclusion.

Les moules de Boulonnais ont une croissance relativement lente due aux circonstances de milieu: émersion presque journalière, d'une part; salinité très élevée des eaux (environ 33 g. de sels par litre) d'autre part.

16.

German Investigations with Respect to *Mytilicola intestinalis* in *Mytilus edulis* in 1953.

By P. F. Meyer-Waarden *and* H. Mann

The stocks of *Mytilus edulis* in the German Wadden-sea area have been continuously surveyed with respect to attack by *Mytilicola intestinalis*. It appears that the degree of infection of the mussels between the outer Ems river and the outer Elbe river has not changed, being 100 % now as before. The intensity of the attack, which can be seen from the average number of parasites in one mussel, even increased in 1953 (see Table 1). In 1950, 1 to 4·5 parasites per infected mussel were found; in 1953 the average number rose to 8 parasites per mussel. The eastern frontier of the distribution of the parasite is the Elbe river now as before. On the eastern side of the outer Elbe river, in the Waddensea area of Schleswig-Holstein, parasites have been met with only sporadically. Two parasites per infected mussel have been found as the maximum, with an attack of 2 % in the Waddensea area between outer Elbe river and Büsum. In the area of Büsum, right up to the Danish frontier and in the Flensburg Bay (Baltic Sea), no parasites have been observed as in the former years.

The principal area of infestation is the central Waddensea area of the south coast of the North Sea. In the brackish estuaries of the rivers the attack decreases, moreover, the number of parasites per mussel in the stocks farther off the shore is less than in the mussel beds near the coast. The mussels on buoys and lightships in the deeper water are in general free from parasites (see table). *Mytilicola* appears not to have the tendency to spread in the zone of the breakers, nor along steep coasts, as confirmed by comparison with *Mytilicola galloprovincialis* on the Italian coast. Areas showing extreme hydro-chemical conditions, such as lack of oxygen, the occurrence of sulphide of hydrogen or a great content of organic, putrefactive waste water, are not considered as areas likely to be attacked. Oily waste waters likewise gave a negative result, as we could observe, for instance in the ports of Trieste and La Specia. Even rapidly flowing areas, such as the outer Elbe river, limit the spread and advance of *Mytilicola*. Due to the slow swimming and short life of the floating larvae the ability of the parasites to spread is on the whole limited.

The quality of the attacked mussel unequivocally suffers from the parasite, as could be confirmed again and again. The same observation has been made also with *Mytilus galloprovincialis* on the Italian coast; here a noticeable underweight of the meat already appears with an attack of 2 parasites, whilst in the German mussel this is to be noticed only with 3 parasites on the average. The physiological damage to the mussels by *Mytilicola* is shown with *Mytilus edulis* as well as with *Mytilus galloprovincialis* in a loss in weight of the digestive gland. The proportionate weight of this gland, compared with the total weight of meat of the attacked mussels, is 10·7 % on the average with *Mytilus edulis*, whilst it is approximately 15·3 % in mussels that have not been attacked. The respective figures for *Mytilus galloprovincialis* are between 20·1 and 16·7 % in non-attacked mussels and 18·1 to 12·7 % in attacked mussels. Independently of the loss in volume of the gland, the cells also change

Table 1. *Mytilicola* attack in 1951—1953.

Locality	Period of observation	Number	Number attacked (%)			No. of parasites per attacked mussel		
			Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average
Attack 1951.								
Borkum	7.V—12.X	24	100	0	70·1	10·4	0·0	4·2
Norderney	8.II—7.V	9	96	45	80·2	11·0	1·9	7·3
Jadebusen	13.I—18.XII	13	100	76	93·1	11·4	2·6	7·9
Scharhörn, etc.	19.XI	1	—	—	85·0	—	—	7·4
Cuxhaven	15.I—5.XII	12	94	3	54·4	5·0	1·0	3·6
Elbe	20.VI—5.X	9	14	0	3·9	1·0	3·9	0·4
Büsum	11.VII—18.VIII	7	6·6	0	0·9	1·0	0·0	0·2
Nordfr. Isl.	10.II—4.XII	23	0	0	0	0	0	0
Flensb. Fj.	27.I—25.VI	7	0	0	0	0	0	0
Helgoland	17.VIII	1	0	0	0	0	0	0
Attack 1952.								
Borkum	25.IV	1	—	—	94·0	—	—	6·2
Grettsiel	29.XII	1	—	—	64·0	—	—	7·0
Juist	20.VIII	1	—	—	90·0	—	—	5·6
Norderney	20.VIII—20.IX	4	90	80	84·5	6·4	5·6	6·0
Jadebusen	17.III—6.XI	2	100	90	95·0	9·0	6·5	7·8
Cuxhaven	10.I—25.XI	9	60	0	26·9	5·8	0	3·1
Büsum	22·I—9·V	3	1	0	0·3	2·0	0	0·7
Nordfr. Isl.	1.III—23.VIII	5	0	0	0	0	0	0
Attack 1953.								
Borkum	27.V—29.IX	16	100	16	83·0	13·0	4·8	8·8
Juist	29.V	2	98	94	96·0	12·4	8·2	10·3
Norderney	29.V—3.VI	5	98	90	96·0	12·7	6·2	8·6
Baltrum	2—3.VI	5	98	72	87·6	13·6	4·0	9·3
Langeoog	4.VI	2	100	94	97·0	15·0	11·3	13·1
Wangerooge	4—5.VI	5	98	24	73·2	8·3	2·4	5·7
Jadebusen	4.VI	5	100	93	97·0	14·0	13·5	13·7
Cuxhaven	10.II—23.VIII	7	60	0	25·0	3·0	0	2·0
Büsum	4.VI	2	1	0	0·3	2·0	0	0·5
Nordfr. Isl.	2.IV—3.VIII	5	0	0	0	0	0	0
Flensb. Fj.	27.VIII	4	0	0	0	0	0	0

and loose their characteristic appearance. Parallel to this histological alteration there is a diminution of the enzyme production of the digestive gland. One may denote this appearance as a state of exhaustion of the gland. In consequence of the other alterations of the metabolism caused by the parasite the gonads diminish. The quality of the mussels in the cultivated area and on natural mussel beds may vary extremely according to current, duration of the tide, occurrence of food, and density of population. Consequently one should not be surprised if occasionally the damage done by *Mytilicola* is compensated by other factors, thus concealing the deterioration of quality. It may so happen that attacked mussels in areas with favourable food conditions show a higher percentage of meat than mussels free from parasites from densely populated areas, where there is a lack of food. Based on investigations over several years it may be stated definitely that *Mytilicola* is a genuine parasite. The question, whether the attack by *Mytilicola* is an epidemic symptom or whether the parasite has been introduced, could be decided, based on our observations, to be epidemic. As the larval stage of *Mytilicola* only lasts a few days and as the larvae themselves are slow moving, mussels can only be attacked within the immediate neighbourhood of infected mussels. Transplantation trials, which we have carried through in such a form that non-attacked, marked mussels were exposed among strongly infected mussels, have confirmed our opinion. One can assume that where there are suitable currents greater distances will be travelled. However, there is a natural limit, for the larvae must reach their host within the short period of their pelagic life. A natural spreading of *Mytilicola* only takes place if there are optimum conditions of living for the parasite. The conditions prevailing in the area off Friedrichskoog and Büsum, off the coast of Schleswig-Holstein, prove that a sporadic appearance of parasites in a non-attacked area does not suffice, even in optimum conditions of living, to produce an infection of the *Mytilus* stocks that are in the immediate neighbourhood of attacked mussels. Here there has been found every year, since 1949, an attack of 1—2 % of the examined mussels showing 1 to 2

Figure 1. The distribution of *Mytilicola intestinalis* in the Waddensea of the south coast of the North Sea in the years 1951—1953. (1951 ▭, 1952 ▤, 1953 ■ the numbers at the top of the columns show the number of parasites per infected mussel).

parasites per mussel, but nevertheless no spreading of the parasite could be observed. There is no doubt that isolated specimens of *Mytilicola* are unable to produce sufficient young ones to increase the number penetrating into neighbouring mussels. *Mytilicola* produces an amazingly small quantity of eggs, whilst all the other creatures living in the Waddensea area always have an extremely high number of young ones due to the turbulent hydrographic conditions. From these considerations we are convinced that the *Mytilicola* disease is produced by factors which we do not yet know in detail. *Mytilicola* is to be found everywhere, where the surrounding conditions suit their requirements. Under normal conditions the number of parasites will not be higher than that found at the present time off Friedrichskoog and Büsum.

17.

The Influence of *Mytilicola intestinalis* (Copepoda parasitica) on the Development of the Gonads of *Mytilus edulis*.

By Hans Mann

I. Introduction and problems.

For several years the stocks of *Mytilus edulis* in northwest Europe have been infested by the parasitic copepod *Mytilicola intestinalis*. The infestation comprises nearly all the larger natural and cultivated mussel beds along the Atlantic and North Sea coasts. Physiological investigations (Meyer & Mann, 1950) proved that the damage done by *Mytilicola intestinalis* was very great. It affects predominantly the metabolism of the mussels. The result is a deficient development and a decreased meat substance in the infested mussels. Moreover, it was expected that the parasites would affect the development of the gonads. In order to examine this problem, the investigations on the development of the *Mytilicola* disease carried out in 1951—53 included observations of the development of the gonads.

The sexes of *Mytilus edulis* are separate. The gonads of the two sexes consist of a complicated system passing through the whole body, penetrating with well developed animals even the connective tissues between the other organs, covering the intermediary intestinal gland. In the mature stage they occupy a large part of the mantle which can be then considerably thickened (Field, 1922). When reaching sexual maturity, the mantle of the female is of a pink to reddish coloration, whereas the gonads of the male are yellowish or amber- to orange-coloured. In immature animals the mantle is much thinner and of lighter colour, with the female nearly white and with the male light yellow. In spent condition the mantle is transparent, keeping, however, at first the intenser coloration of full maturity, passing gradually into a lighter shade.

Maturation begins in our latitude at the end of March and lasts, depending on the temperature of the water, until the beginning of June. According to the observations made by Chipperfield (1953), maturation does not seem to depend on the occurrence of food and it begins probably at a water temperate of 7° C. The expulsion of the sperm begins, when the sea water flowing into the mussels has reached a temperature of 9·5—12·5° C. Under favourable conditions there can possibly exist ripe eggs at the beginning of March. Ripe sexual products occur always throughout the summer. Havinga (1929) suggests that there are two or three main periods during which the sexual products are developed. The reproduction of the gonads begins usually 2—3 months after the swarming.

II. Method of investigation.

Since it was impossible to separate entire gonads from the body without loss, we confined our work to separating only the whole mantle with the gonads from the mussels. The two halves of the mantle were slightly dried by blotting-paper and then weighed in fresh condition. Simultaneously the length, the total weight, and the weight of the meat of each mussel were recorded. As now the weight of the meat and the weight of the gonads were known, the weight of the gonads could be brought into relation with the total weight of the meat. In the course of our investigations on the *Mytilicola* disease, mussels of all sizes from nearly all the mussel beds of the German North Sea coast were examined during varying seasons of the year in 1950—53.

III. Results.

In order to obtain an exact idea of the development of the gonads affected by the parasites, we examined at first larger quantities of mussels from an area which was, as we knew by experience, only slightly infested. Here it was quite certain that a sufficient amount of infested and non-infested mussels existed in equal quantities. We considered the mussel beds off Cuxhaven suitable for the experiment. Our investigations (Meyer & Mann, 1950, 1952, 1954)

Table 1. Area of investigation.

Date 1952	Average number of parasites per mussel, if infested	Weight of the gonads in % of the meat weight: infested mussel	non-infested mussel	underweight in %
Cuxhaven.				
7.I	2·4	15·7	19·7	20·0
10.I	2·2	7·0	8·5	17·6
22.II	3·0	11·5	17·2	33·1
15.III.....	1·5	10·5	17·5	40·3
21.III.....	4·0	6·9	8·4	17·9
16.IV.....	3·0	14·9	15·5	3·8
18.IV.....	2·0	11·6	14·2	18·3
26.VI.....	7·6	16·6	20·1	17·4
16.VIII	4·0	11·6	14·3	18·9
5.XI.....	2·3	6·5	7·2	9·7
5.XII.....	1·9	10·6	12·0	11·7
Wilhelmshaven.				
17.III.....	6·5	7·7	11·1	30·6
19.IV.....	10·9	9·2	15·0	38·7
7.V.....	9·7	15·4	19·5	26·2
26.V.....	8·0	12·8	18·9	31·8
6.VI.....	8·7	8·4	10·1	16·9
7.VII.....	5·8	9·8	13·0	24·6
1.VIII	2·6	11·6	14·3	18·9
10.X.....	10·0	11·5	16·7	31·1

indicated that mussels from Cuxhaven contained 1—2 parasites each, on the average. 40—50 infested and non-infested mussels from the same area were examined each month. The results showed clearly that the gonads of the infested mussels had always a lesser weight than those of the non-infested animals. The reduction varied from 10 to 20 %.

In the Waddensea, off Cuxhaven, the mussels were attacked by 2 to 4 parasites per animal. Therefore, it was interesting to compare this area with another one, where the mussels were more heavily infested. For that purpose mussels from Wilhelmshaven were available, where they were infested by 8 parasites or more. The gonads of the infested mussels were again less in weight than those of the non-infested mussels, but the difference in weight was here even more obvious than in the Cuxhaven area; the gonads in the infested mussels were on the average more than 20 % lighter in weight than in the sound animals. The fluctuating weight of the gonads in the individual months depends on the varying degree of maturity of the gonads. Another proof of the underweight of the gonads of infested mussels was found from infection experiments. During investigations on the epidemic effect of *Mytilicola intestinalis* (Meyer & Mann, 1954) several experiments were made in tanks, where the development of the gonads could be observed. We transplanted sound mussels which were free from *Mytilicola* from the Wadden areas off Wyk/Föhr to Wilhelmshaven and exposed them there to contact with heavily infested animals. A number of the mussels from Wyk were put into tinplate tanks, another batch was marked with white paint and then put between the indigenous mussels. The experiments were initiated in June 1951. The examination of the mussels was made from 10. to 13. October, i. e., after 4 months. The weight of the gonads of the non-infested mussels from Wilhelmshaven amounted on the average to 16·7 %, that of the infested mussels in the tanks (mussels from Wyk) to 12·6 % (2·3 parasites per mussel). For reasons which we were not able to recognize, the freely exposed marked mussels had not been attacked by *Mytilicola* and their gonads had a weight of 15·8 %. The gonads of heavily infested indigeneous mussels (10 parasites per mussel) which we examined simultaneously, showed a weight of 11·5 %. This experiment too shows that the gonads deteriorate following attack by *Mytilicola*. As the mussel develops a large quantity of gonads, it is not suggested that the mussel beds are seriously endangered by *Mytilicola*. However, the underdevelopment of the gonads of the attacked animals is another proof of the physiological damage caused by the parasite.

The microscopic investigation of the gonads revealed another interesting fact. In some gonads we found parasitic Trematodes. The weight of these gonads showed that there too a damage had taken place. The weight of these gonads as a percentage of the meat weight were:—

Date	— Parasites	+ Parasites	Locality
22.2.1951.....	17·2	15·0	Cuxhaven
10.2.1951.....	16·9	15·3	Wyk/Föhr

IV. Summary.

The weight of the gonads of mussels with and without *Mytilicola intestinalis* has been investigated and related to the weight of the meat of the mussels. The weights of the gonads of infested mussels do not depend on seasonal fluctuations and are 10 to 30 % less than those of non-infested mussels. Similar damage occurs when gonads are attacked by Trematodes.

List of References.

Anon.: "Tablos de la composición química de los alimentos." Inst. Nacion. Nutricion. Buenos Aires.

Amirthalingham, C., 1928: "Lunar periodicity in reproduction in *Pecten*." Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K., **15**, pp. 605—41.

Battle, H. I., 1932: "Rhytmic sexual maturity and spawning of certain bivalve molluscs." Contr. Canad. Biol. (N.S.), 7, pp. 255—76.

Berner, L., 1935: "La reproduction des moules comestibles (*Mytilus edulis* L. et *Mytilus galloprovincialis* Lmk.) et leur répartition géographique." Bull. Inst. Océanogr., 680. Monaco.

Boury, M., 1929: "Les différentes systèmes de collecteurs de naissain." Rev. Trav. Off. Pêches Marit., **2**, 3.

Bowes, A. P., & Church, F. C., 1946: "Food values of portions commonly used."

Brocchi, P., 1883: "Traité d'ostréiculture." Paris.

Chipperfield, P. N. J., 1953: "Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in British waters." Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K., **32**, pp. 449—76.

Cole, H. A., 1937: "Experiments in the breeding of oysters (*Ostrea edulis*) in tanks, with special reference to the food of the larva and spat." Fish. Invest., Ser. 2, **15**, 4. London.

— 1938: "A system of oyster culture." Journ. du Cons., **13**, 2, pp. 221—35. Copenhague.

— 1939: "Further experiments in the breeding of oysters (*Ostrea edulis*) in tanks." Fish. Invest., Ser. 2, **16**, 4. London.

— 1942: "The American whelk tingle, *Urosalpinx cinerea* Say on British oyster beds." Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K., **25**, p. 477.

— 1950: "Shell disease in re-laid French oysters." Nature, **166**, p. 19. London.

— 1951: An Odostomia attacking oysters. Ibid., **168**, p. 953.

— 1951: The British oyster industry and its problems. Rapp. et Proc.-Verb., **128**, II, pp. 7—17. Copenhague.

— 1952: "The American slipper limpet on Cornish oyster beds." Fish. Invest., Ser. 2, **17**, 7. London.

— 1954: "Purification of oysters in simple pits." Ibid. **18**, 5.

— & Baird, R. H., 1953: "The American slipper limpet (*Crepidula fornicata*) in Milford Haven." Nature, **172**, p. 687. London.

— & Knight-Jones, E. W., 1949: "Quantitative estimation of marine nanoplankton." Nature, **164**, p. 694. London.

Collard, A. P., 1902: "The oyster and dredgers of Whitstable." Joseph Collard, London.

Cornide, J., 1788: "Enseyo de una historia natural de los peces y otras producciones de la costa de Galicia."

Costa, Dante: "Tratado de nutriçao."

Field, J. A., 1923: "Biology and economic value of the sea mussel *Mytilus edulis*." Bull. U.S. Bur. Fish., 38, pp. 127—259.

Fox, H. M., 1922: "Lunar periodicity in reproduction." Nature, **109**, pp. 237—8. London.

Galtsoff, P. S., 1938: "Physiology of reproduction in *Ostrea virginica*. II. Stimulation of spawning in the female oyster." Biol. Bull. Woods Hole, **75**, pp. 286—307.

— & Loosanoff, V. L., 1939: "Natural history and method of controlling starfish (*Asterias forbesi*, Desor)." Bull. U.S. Bur. Fish., **49**, 75.

Graells, P., 1870: "Exploración científica de las costas del Departamento Marítimo del Ferrol en el verano de 1869." Madrid.

Hancock, D. A., 1954: "The destruction of oyster spat by *Urosalpinx cinerea* (Say) on Essex oyster beds." Journ. Cons., **20**, 2. Copenhague.

Hausser, A. E., 1934—36: "Rapport sur l'industrie ostréicole dressé au nom de la commission du concours de Vannes, 1876." Ostréiculture, Bull. Cult. Mar., Mai 1934 à Fév. 1936.

Havinga, B., 1929: "Krebse und Weichtiere." Handb. Seefisch. Nordeuropas, **3**, 2. Stuttgart.

Hervé, P., 1932: "Notes sur l'histoire des huîtres et l'ostréiculture." Ostréiculture, Bull. Cult. Mar., Janv. à Sept.

Hinard, G. & Lambert, L., 1928: "Tableau de l'ostréiculture française." Rev. Trav. Off. Pêches Marit., **1**, 3, pp. 37—90, 4, pp. 61—122.

Knight-Jones, E. W., 1952: "Reproduction of oysters in the Rivers Crouch and Roach, Essex during 1947, 1948 and 1949." Fish. Invest., Ser. 2, **18**, 2. London.

Kodicek, E., 1940: Biochem. Journ., **34**, p. 712.

Kon, S. K., 1954: "Vitamine A des invertèbres marins et métabolisme des caroténoides du plancton." Bull. Soc. Chim. Biol., **26**, 2—3.

Korringa, P., 1951: "Investigations on shell disease in the oyster, *Ostrea edulis* L." Rapp. et Proc.-Verb., **128**, II, pp. 50—4. Copenhague.

— 1951: "*Polydora* als vijand van de Oestercultuur. Viss.-Nieuws, Suppl. 2, **3**, 10.

— 1952: "Recent advances in oyster biology." Quart. Rev. Biol., **27**, pp. 266—308, & 339—65.

— 1952: "Epidemiological observations on the mussel-parasite *Mytilicola intestinalis*, Steuer, carried out in

the Netherlands." Ann. Biol., **8** (1951), pp. 182—5. Copenhague.

Krey, J., 1939: "Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasser-Schöpfproben." Journ. Cons., **14**, pp. 201—09. Copenhague.

Kühl, H. & Mann, H., 1953: "Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe." Veröff. Inst. Meeresforsch., 2, pp. 236—68. Bremerhaven.

— 1954: "Über die Hydrochemie der unteren Ems." Ibid., 2, pp. 126—58.

Ladouce, R., 1939: "L'évolution de l'ostréiculture dans le Bassin d'Arcachon." C. R. 2ème Congr. Int. de la Mer, Liège.

Lambert, L., 1939: "Recherches sur les cultures et la biologie des mollusques comestibles." Rev. Trav. Off. Pêches Marit. **12**, 3, pp. 155—62.

— 1950: "Les coquilles comestibles, huîtres, moules, coquillages variés." Presse Univ. France, Paris.

Laver, H., 1916: "The Colchester oyster fishery: Its antiquity and position, method of working and the quality and safety of its products." Colne Fish. Board, Colchester.

Lebour, M. V., 1938: "Notes on the breeding of some lamellibranchs from Plymouth and their larvae." Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K., **23**, pp. 119—44.

Linke, O., 1954: "Die Bedeutung der Miesmuscheln für die Landgewinnung im Wattenmeer." Natur u. Volk, **84**, 8, pp. 253—84.

Locard, A., 1900: "Manuel pratique d'ostréiculture." Paris.

Loosanoff, V. L. & Nomejko, C. A., 1946: "On growth of oyster during hibernation." Anat. Rec. 96, 152.

Mann, H., 1951: "Qualitätsverminderung des Fleisches der Miesmuscheln durch den Befall mit *Mytilicola intestinalis*." Fischereiw., **3**, 8.

Mackin, J. C., 1951: "Incidence of infection of oysters by *Dermocystidium* in the Barataria Bay area of Louisiana." Paper presented at the Nat. Shellfish Meeting, Wash., Aug., 1951.

— , Korringa, P. & Hopkins, S. H., 1952: "'*Hexamitiatis*' of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea virginica* (Gmelin)." Bull. Mar. Sci. Gulf Carrib. **1**, 4, p. 226.

Margalef, R., Duran, M. & Saiz, F.: "El fitoplancton de la ría de Vigo." Estudio del período: enero de 1953 a marzo de 1954 (En prensa).

Marteil, L., 1954: "Note sur l'ostréiculture en Bretagne." Sud. Sci. et Pêche, **1**, 16, p. 4.

McCance, R. A. & Widdowson, E. M., 1946: "The chemical composition of foods."

Meyer-Waarden, P. F. & Mann, H., 1950: "Beiträge zur Epidemiologie und Physiologie des parasitischen Copepoden *Mytilicola intestinalis*." Arch. f. Fischereiw., 2, pp. 119—34.

— 1952: "*Mytilicola*-Epidemie 1951/52." Fischereiw., **4**, 8, p. 136.

— 1952: "Ein weiterer Beitrag zur Epidemiologie von *Mytilicola intestinalis*." Arch. f. Fischereiwiss., **5**, pp. 26—34.

— 1954: "Der Befall von *Mytilus edulis* mit *Mytilicola intestinalis* in den deutschen Wattengebieten 1951—1953." Ber. Deutsch. Wiss. Komm. Meeresforsch., **13**.

— 1954: "Untersuchungen über die Bestände von *Mytilus galloprovincialis* an der italienischen Küste auf ihren Befall mit *Mytilicola intestinalis* (Copepoda parasitica)." Boll. Pesca, Piscicolt. e Idrobiol., 8, 2. Roma.

Navaz, J. M., 1939: "Salvaguardia y protección de los moluscos comestibles." Industr. Pesq., 304. Vigo.

— 1942: "Estudio de los yacimientos de moluscos comestibles de la ría de Vigo." Trabs. Inst. Español Ocean., **16**, p. 74. Madrid.

Needler, A. W. H., 1941: "Oyster farming in eastern Canada." Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 60, 1.

Nelson, T. C., 1928: "On the distribution of critical temperatures for spawning and for ciliary activity in bivalve molluscs." Science, **67**, pp. 220—21. N.Y.

— 1947: Réf. en Korringa, (1952), p. 277.

Orton, J. H., 1923: "An account of investigations into the cause or causes of the unusual mortality among oysters in English oyster beds during 1920 and 1921." Fish. Invest., Ser. 2, **6**. London.

— 1926: "Report on a survey of the Fal Estuary oyster beds." Nov. 1924, Falmouth.

— 1935: "Laws of shell-growth in English native oyster beds (*O. edulis*)." Nature, **135**, p. 340. London.

— 1937: "Oyster biology and oyster culture." Edw. Arnold & Co., p. 211. London.

Postma, H., 1950: "The distribution of temperature and salinity in the Waddensea." Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Genootschap., 67, pp. 34—42.

Priol, E., 1930: "La coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*)." Rev. Trav. Off. Pêches Marit., **3**, 2, pp. 143—73.

Randoin, L., Le Galic, P. & Canseret, J.: "Tables de composition des aliments." 2ème Ed.

Ranson, G., 1943: "La vie des huîtres." Gallimard, p. 261. Paris.

— 1949: "Quelques observations sur la biologie de *Gryphaea angulata* Lmk." Bull. Mus. Hist. Nat., **21**, pp. 574—79. Paris.

— 1951: "Les huîtres." Biol. Cult. Paris.

Ribas, I. & Vasquez, D.: "Gesto-estudio de la mineralizacion de la sustancia orgánica en el metodo de Kjeldahl." Inform. Quim. Analit., **7**, 2.

Roché, G., 1898: "La culture des mers en Europe." Paris.

Runnström, S., 1927: "Über die Thermopathie der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung." Bergens Mus. Årb. 1927 (1928), 2, pp. 1—67.

Sanchez, M., 1936: "La ostricultura en la ría de Vigo." Industr. Pesq., 230, pp. 10—11. Vigo.

— 1944: "La ostricultura en las rías bajas de Galicia." Ibid., 407—408, p. 49.

Savinov, B. G. & Luschchevskaya, G. M., 1952: Nutrition Abstracts, **22**, 62.

Serbetis, S. D., 1949: "Neoterai paratéréseis epi tou peiramatikon ostreotropheiou Salaminos." (New observations on the experimental oyster farm of Salamis). Bull. Fish. Res. Lab. Athens, 1948, pp. 22—23.

Sherman, Henry C., 1946: "Chemistry of food and nutrition."

Taylor, Clara M., 1942: "Food values in shares and weights."

Thienemann, K., 1934: "Das Plankton der Flussmündungen." Wiss. Ergeb. Deutsch. Atl. Exped. "Meteor" 1925—27, **12**, 1, pp. 199—273.

Thorson, G., 1936: "The larval development, growth and metabolism of Arctic marine bottom invertebrates compared with those of other seas." Medd. Grønl., **100**, pp. 1—55.

— 1946: "Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates, with special reference to the planktonic larvae in the Sound (Øresund)." Medd. Komm. Danm. Fisk.-Havunders., Ser. Plankton **4**, 1, pp. 1—528. København.

Walazesk-Piotrowsky, L. J. & Kock, F. C., 1952: Journ. Biol. Chem., 1, p. 427.

Waugh, G. D., 1951: "Production and setting of oyster larvae in Rivers Roach and Crouch during 1951 with a note on production in previous years." Ann. Biol., **8**, p. 174. Copenhague.
— 1952: "Production and setting of oyster larvae in the Rivers Roach and Crouch during 1952." Ibid., **9**, p. 213.
— 1954: "Effect of floods on the oyster grounds of eastern Britain. "Nature, **173**, p. 68. London.
— , Hawes, F. B. & Williams, F., 1952: "Insecticides for preventing barnacle settlement." Ann. Appl. Biol., **38**, p. 407.
Verwey, J., 1950: "Resultaten van hydrografisch onderzoek in de Waddenzee." Kon. Ned. Aardrijsk. Genootschap, 67, pp. 34—42.
— 1952: "On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Waddensea, their role in the sedimentation and the source of their food supply." Arch. Néerl. Zool., **10**, 2, pp. 171—239.
Whedon, W. F., 1936: "Spawning habits of the mussel *Mytilus californianus* Conrad, with note on the possible relation to mussel poison." Univ. Calif. Publ. Zool., 41, pp. 35—43.
Winton, A. L. & Winton, K. B., 1937: "The structure and composition of foods." **3**, p. 486.
— — 1945: "The analysis of foods."
Woelke, C. E., 1954: "A newly identified oyster predator." Fish. Res. Wash. Dept. Fish., **1**, 2.
Young, R. T., 1942: "Spawning season of the Californian mussel *Mytilus californianus*." Ecology, **23**, pp. 490—2. Brooklyn.
— 1945: "Stimulation of spawning in the mussel *Mytilus californianus*." Ibid., **26**, pp. 58—69.